

**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DO AMBIENTE

# **Análise do Fluxo de Pilhas e Acumuladores Usados nos Resíduos Sólidos Urbanos**

**Joana Margarida Lalandá Martins dos Santos**

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientadora: Prof. <sup>a</sup> Doutora Maria da Graça Madeira Martinho

Lisboa, 2008

O trabalho desenvolvido no âmbito desta Dissertação integra-se no Projecto de Investigação e Desenvolvimento do DCEA/FCT, intitulado de Projecto de Investigação sobre Pilhas e Acumuladores Usados, coordenado pela Professora Doutora Maria da Graça Martinho e financiado pela Ecopilhas – Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados Lda., no âmbito do Protocolo de colaboração DCEA.PS.25 I.Ecopilhas.GM.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à Prof. Doutora Maria da Graça Martinho, minha orientadora, por todo o incentivo e apoio fornecido durante a elaboração deste estudo. Gostaria também especialmente de agradecer ao Dr. Eurico Cordeiro e à Dra. Maria João Caria da Ecopilhas, pelo apoio e disponibilidade que permitiram a realização deste trabalho.

Este trabalho também não poderia ter sido realizado sem a contribuição de muitas pessoas. De maneira especial agradeço a Ricardo Gomes, pela contribuição dada na realização das visitas e caracterização das P&A usados e REEE portáteis separados durante as campanhas realizadas pelos Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SMAUT) estudados. Agradeço também à Eng.<sup>a</sup> Ana Pires pela contribuição dada, nomeadamente nos contactos com alguns técnicos dos SMAUT e na caracterização dos resíduos separados em algumas das campanhas.

Pela contribuição e apoio dados não poderia deixar de agradecer ao Eng.º Artur Cabeças, em especial nos contactos com os Sistemas Multimunicipais.

Sobre os SMAUT, sem os quais a realização deste estudo não poderia ter sido possível, gostaria de agradecer a todos os técnicos e equipas de caracterização de resíduos das campanhas que foram acompanhadas, pelo apoio e disponibilidade na possibilidade de separação dos resíduos objecto deste estudo, nomeadamente:

- À Dra. Maria José Sebastião e ao Eng.º João Barata, da AMARSUL, pela disponibilidade em apoiar este estudo e, em especial ao Sr. Alfredo Lourenço, responsável pela equipa de caracterização deste Sistema, pela separação dos resíduos solicitados durante as campanhas de caracterização realizadas em vários dos SMAUT estudados;
- À Eng.<sup>a</sup> Célia Almeida e à Eng.<sup>a</sup> Diana Fernandes da Amave, assim como à Eng.<sup>a</sup> Rita Araújo e Eng.º Nuno Simões da SUMA, que realizaram a campanha de caracterização neste Sistema;
- Na Amagra (Ambilital), especialmente à Eng.<sup>a</sup> Alexandra Pinheiro e à equipa de caracterização de resíduos deste Sistema;
- Ao Eng.º Jaime Pinho da RESAT, à Eng.<sup>a</sup> Rosa Novais da RESIDOURO, à Eng.<sup>a</sup> Carmen Melo e à Eng.<sup>a</sup> Sandra Oliveira da SULDOURO, ao Eng.º Eduardo Viegas da ALGAR;
- À Eng.<sup>a</sup> Ilda Palma da Vale do Douro Norte, à Eng.<sup>a</sup> Anabela Rebelo e à Eng.<sup>a</sup> Cláudia Fonte da EMAR de Vila Real; ao Eng.º Rui Brites da Resiurb (Ecolezíria), ao Eng.º Carlos Monteiro e todas os elementos das respectivas campanhas de caracterização de resíduos;
- À Eng.<sup>a</sup> Susana Medeiros da Valsousa (Ambisousa), assim como à Eng.<sup>a</sup> Ana Rita Silva da Ambirumo, assim como a toda a equipa de caracterização de resíduos;
- À Eng.<sup>a</sup> Susana Dias e à Eng.<sup>a</sup> Joana Frazão, da Amtres (Tratolixo), bem como à equipa de caracterização de resíduos deste Sistema;
- Às restantes pessoas dos Sistemas e entidades que realizaram as campanhas de caracterização, não referidas anteriormente, que contribuíram para a realização deste estudo.

Aos meus familiares e amigos gostaria de agradecer o apoio e encorajamento fornecido durante a realização deste estudo, bem como a compreensão demonstrada nos momentos mais difíceis e o pouco tempo que lhes disponibilizei durante esta jornada.

A todos o meu muito obrigada.



## SUMÁRIO

A situação nacional actual das P&A usados no sector doméstico, apresenta algumas lacunas de informação relativamente ao balanço de massas deste fluxo. As quantidades comercializadas anualmente em Portugal, assim como as P&A usados que são recolhidos selectivamente pela Ecopilhas, desde Janeiro de 2004, são conhecidas. No entanto, desconhecem-se as quantidades de P&A presentes nos lares portugueses (i.e. em utilização nos diversos EEE, novas em stock ou usadas e armazenadas em casa), bem como as P&A que são depositados nos RSU indiferenciados. Na generalidade das situações os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SMAUT) não quantificam e caracterizam esta componente dos resíduos sólidos urbanos (RSU), incluindo as P&A na componente “outros”.

O conhecimento do fluxo de P&A usados é crucial para se poder aferir, por exemplo, se as metas estabelecidas pela Directiva 2006/66/CE, para a recolha selectiva e reciclagem são ou não realistas. Se, por exemplo, os consumidores armazenarem uma percentagem significativa de P&A em suas casas, este será o montante não disponível para a recolha selectiva.

Deste modo, procurou-se com este trabalho de investigação fazer um levantamento sobre as características das P&A e a situação comunitária e nacional em matéria de gestão de P&A. Em termos práticos, o objectivo consistiu em estimar a quantidade, em número e em peso, de P&A que foram depositados nos RSU indiferenciados em 2007, assim como as suas características em termos de sistemas químicos e formatos. Procurou-se igualmente comparar e avaliar os resultados com os resultados obtidos de estudos semelhantes realizados em alguns países europeus.

Para atingir estes objectivos, acompanharam-se 17 campanhas de caracterização física realizadas entre Março e Dezembro de 2007 aos RSU de 12 SMAUT. As P&A presentes nas amostras caracterizadas (cerca de 90 toneladas de RSU indiferenciados), quer soltas, quer incorporadas nos REEE, foram separadas para quantificação e caracterização por formato e sistema químico.

Os resultados obtidos permitiram-nos algumas conclusões interessantes, nomeadamente: da quantidade total de P&A vendidos em 2007 (2.734.763 kg), os consumidores domésticos enviaram para reciclagem cerca de 17,5%, colocaram nos contentores ou sacos destinados aos RSU indiferenciados 38,1% das P&A usados (1.041.344 kg), estimando-se que tenham permanecido nos lares portugueses (dentro dos equipamentos, soltos usados ou novos por usar), cerca de 44,5% das P&A vendidos (1.215.694 kg).

As P&A presentes em maior quantidade nos RSU indiferenciados são as pilhas primárias (cerca de 90,6% do total de P&A) e, dentro destas, predominam as pilhas alcalinas de manganês (57%) e as pilhas de zinco carbono (42%). Em relação ao formato, predominam as pilhas AA/LR6/R6 (39% do total de P&A encontradas), seguindo-se as D/LR20/R20 (32%).

Estes resultados possibilitarão à entidade gestora deste fluxo, a Ecopilhas, ter um referencial da situação em 2007. Estudos semelhantes, a realizar a curto e médio prazo, permitirão avaliar o impacte de campanhas de sensibilização nos comportamentos dos consumidores, bem como o impacte da entrada em vigor da nova legislação que se aguarda para este fluxo.



## SUMMARY

The spent batteries and accumulators current national situation in the domestic sector, presents some information gaps in this flow mass balance. The amounts commercialized annually in Portugal, as well as the amounts of used batteries and accumulators collected selectively by Ecopilhas, since January of 2004, are accounted. However, the amounts of batteries and accumulators present in the Portuguese homes (e.g. in use in the diverse EEE, new in stock or used and stored at home), as well as the batteries and accumulators that are deposited in the unsorted Municipal Solid Waste (MSW) are unknown. In general, the Waste Management Systems (WMS) in Portugal do not quantify and characterize this component of the MSW, including the batteries and accumulators in the component “others”.

The knowledge of the used batteries and accumulators flow is crucial to be able to survey, for example, if the goals established for the Directive 2006/66/CE, regarding the selective collection and recycling, are or not realistic. If, for example, the consumers store a significant percentage of batteries and accumulators in their houses, this amount will not be available for the selective collection.

Thus, the aim of this investigation was to survey on the characteristics of the batteries and accumulators, and the European community and national situation regarding batteries and accumulators management. In practical terms, the objective consisted of estimating the amount, number and weight, of batteries and accumulators deposited in the unsorted MSW in 2007, as well as its characteristics in terms of chemical systems and formats. In addition, the results were also compared and evaluated with the results obtained in other similar studies in some European countries.

To achieve these objectives, 17 campaigns of waste physical characterization carried through between March and December of 2007, of 12 WMA were accompanied. The used batteries and accumulators in the characterized samples (about 90 tons of unsorted MSW), either isolated or incorporated in the EEEW, were separated for quantification and characterization by format and chemical system.

The obtained results allowed us to make some interesting conclusions, for example, of the total amount of batteries and accumulators sold in 2007 (2.734.763 kg), the domestic consumers sent for recycling about 17,5%, deposited in the containers or bags destined to unsorted MSW 38.1% of the used batteries and accumulators (1.041.344 kg), estimating that about 44,5% remained in the Portuguese homes (inside of the equipments, used or new for further utilization), of the sold batteries and accumulators (1.215.694 kg).

The majority of the amount of used batteries and accumulators in the unsorted MSW are primary batteries (about 90,6% of the total used batteries and accumulators), inside of these, predominate the alkaline manganese batteries (57%) and the zinc carbon batteries (42%). In relation to the format, AA/LR6/R6 batteries predominate (39% of the total batteries and accumulators found), following the D/LR20/R20 format (32%).

These results will make possible to the management entity of this flow, the Ecopilhas, to have a referential of the situation in 2007. Similar studies, to carry out in a short to medium term, will allow the evaluation of the sensibilization campaigns, concerning the behaviors of the consumers, as well as the impact of the new legislation expected for this flow.





## SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

ACV	Análise de Ciclo de Vida
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Agência do Ambiente e o Controlo da Energia - França)
ANR	Autoridade Nacional de Resíduos
ANSI	American National Standards Institute (Instituto de Normas Nacionais Americanas)
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
BAJ	Battery Association of Japan (Associação de pilhas e acumuladores do Japão)
CAGER	Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos
CAPA	Comissão de Acompanhamento da Gestão de Pilhas e Acumuladores
CE	Comissão Europeia
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DEFRA	UK Department of Environment, Food and Rural Affairs (Departamento dos Assuntos Rurais, do Ambiente e dos Alimentos do Reino Unido)
DMFC	Direct Methanol Fuel Cells (Células de combustível de aplicação directa de metanol)
EC	Environment Canada (Departamento do Ambiente do Canadá)
EEA	European Environment Agency (Agência Europeia do Ambiente)
EEB	European Environmental Bureau (Secretariado Europeu do Ambiente)
EEE	Equipamentos Eléctricos e Electrónicos
EM	Estados Membros da União Europeia
EPBA	European Portable Battery Association (Associação Europeia de Pilhas Portáteis)
EPER	European Pollutant Emission Register (Registo Europeu de Emissões Poluentes)
EUROSTAT	Organismo de Estatística da Comunidade Europeia
IA	Instituto do Ambiente
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Internacional Electrotécnica)
INOBAT	Interessenorganisation Batterieentsorgung (Organização de recolha e reciclagem de pilhas e acumuladores usados da Holanda)
INR	Instituto dos Resíduos
ISO	International Organisation for Standardization
GRS	Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (Organização de recolha e reciclagem de pilhas e acumuladores da Alemanha)
LER	Lista Europeia de Resíduos

MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional
NRDC	Natural Resources Defense Council (Conselho de Defesa do Recursos Naturais - EUA)
ONG	Organização Não Governamental
P&A	Pilhas e Acumuladores
PCIP	Prevenção e Controlo Integrados da Poluição
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cells (Células de combustível de membrana permutadora de iões)
PERSU II	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016
RE	Resíduos de Embalagens
REEE	Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIPAU	Sistema Integrado de Pilhas e Acumuladores Usados
SGR	Sistemas de Gestão de Resíduos (Multimunicipais e Intermunicipais)
SMAUT	Sistemas Municipais e Autarquias (Sistemas Multimunicipais e Sistemas Municipais ou Intermunicipais de Gestão de Resíduos)
STIBAT	Stichting Batterijen (Organização de gestão de pilhas e acumuladores usados da Holanda)
UE	União Europeia

# ÍNDICE DE MATÉRIAS

<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>I</b>
I.1. Introdução .....	I
I.2. Relevância .....	3
I.3. Objectivos.....	4
I.4. Metodologia Geral.....	5
I.5. Organização da Dissertação.....	5
<b>II. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
II.1. Pilhas e Acumuladores.....	7
II.1.1. Aspectos gerais .....	7
II.1.2. Conceitos, componentes e operação das pilhas electroquímicas.....	7
II.1.3. Características e aplicações de pilhas e acumuladores portáteis.....	14
II.1.4. Perspectiva do mercado actual e tendências futuras .....	21
II.1.5. Impacte das pilhas e acumuladores no ambiente e saúde pública.....	30
II.1.6. Política e Legislação sobre Pilhas e Acumuladores.....	39
II.1.6.1. Legislação Comunitária .....	39
II.1.6.2. Legislação Nacional .....	43
II.1.7. Recolha e Reciclagem de Pilhas e Acumuladores .....	49
II.1.8. Sistema Nacional de Gestão de P&A .....	58
II.1.8.1. A Ecopilhas e o funcionamento do Sistema .....	58
II.1.8.2. Consumo de P&A em Portugal .....	60
II.1.8.3. Quantidade de P&A recolhidos selectivamente.....	62
II.2. Sistemas de Gestão de RSU (SMAUT) .....	63
II.2.1. Aspectos gerais .....	63
II.2.2. Características e tipologia dos SMAUT.....	64
II.2.3. Campanhas de quantificação e caracterização de RSU.....	68
II.2.4. Quantidades retomadas pela Ecopilhas .....	70
<b>III. METODOLOGIA E PLANEAMENTO DO TRABALHO.....</b>	<b>73</b>
III.1. Aspectos gerais.....	73
III.2. Planeamento experimental e cronograma .....	73
III.3. Metodologia para a quantificação e caracterização das P&A nos resíduos indiferenciados..	75
III.3.1. Planeamento das campanhas de caracterização física de resíduos .....	75
III.3.2. Meios necessários .....	77

III.3.3. Procedimentos .....	78
III.4. Indicadores .....	81
III.5. Amostra e caracterização dos Sistemas amostrados .....	84
III.6. Tratamento dos Resultados .....	87
<b>IV. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>89</b>
IV.1. Aspectos gerais .....	89
IV.2. Análise estatística aos resultados obtidos nas campanhas de quantificação e caracterização de P&A .....	89
IV.3. Análise das P&A por tipologia de SMAUT .....	93
IV.4. Quantidade e tipo de pilhas e acumuladores presentes nas amostras de RSU indiferenciados .....	95
IV.5. Indicadores de quantidades e tipos de P&A .....	97
IV.6. Taxa de Contaminação.....	100
IV.7. Estimativa da quantidade total anual de pilhas e acumuladores usados presentes nos RSU .....	100
<b>V. CONCLUSÕES .....</b>	<b>111</b>
V.1. Síntese conclusiva .....	111
V.2. Limitações do estudo.....	113
V.3. Linhas futuras de pesquisa .....	114
<b>VI. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>117</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>123</b>
VII.1. ANEXO A – Composição das Pilhas e Acumuladores portáteis.....	125
VII.2. ANEXO B – Anexo III da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro .....	129
VII.3. ANEXO C – Anexos II e III do Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro .....	131
VII.4. ANEXO D – Catálogo de Pilhas e Acumuladores .....	133
VII.5. ANEXO E – Modelo de boletim de registo das características das amostragens realizadas por campanha .....	137
VII.6. ANEXO F – Modelo de boletim de registo utilizado nas campanhas de RSU para registo das quantidades de P&A amostrados .....	139
VII.7. ANEXO G – Tabela de pesos médios correspondentes a cada sistema químico e formato de P&A portáteis.....	141
VII.8. ANEXO H – Histogramas de averiguação da distribuição normal para das campanhas realizadas.....	143
VII.9. ANEXO I – Análise estatística para os indicadores calculados a partir dos resultados obtidos no total das campanhas (amostra compósita) .....	151
VII.10. ANEXO J – Composição química média das P&A usados obtidos no total das campanhas (amostra compósita) .....	157

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Esquema de operação de carga e descarga de pilhas electroquímicas (adaptado de Linden, 1984) .....	9
Figura II.2. Representação gráfica das características de descarga das pilhas em função da intensidade da corrente de descarga (adaptado de Linden, 1984).....	11
Figura II.3. Representação gráfica das características de descarga das pilhas em função do sistema electroquímico (adaptado de Linden, 1984).....	11
Figura II.4. Representação gráfica das características de descarga das pilhas em função da temperatura de operação (adaptado de Linden, 1984).....	12
Figura II.5. Exemplos de formatos padrão mais utilizados nas pilhas e acumuladores portáteis.....	13
Figura II.6. Mercado mundial das pilhas e acumuladores em 2004, expresso em percentagem de vendas (adaptado de Avicenne, 2005).....	21
Figura II.7. Mercado europeu das pilhas e acumuladores em 2004, expresso em percentagem de peso (adaptado de CE, 2003a) .....	23
Figura II.8. Mercado europeu das pilhas e acumuladores portáteis em 2002 e 2003, expresso em percentagem de peso (adaptado de CE, 2003a).....	23
Figura II.9. Mercado europeu das pilhas primárias e secundárias portáteis em 2002 e 2003, expresso em percentagem de peso (adaptado de CE, 2003a) .....	24
Figura II.10. Quantidade de pilhas e acumuladores, em unidades, vendidas entre 2003 e 2006 na França, Alemanha e Japão (ADEME, 2007; BAJ, 2008; EC, 2007; GRS, 2007) .....	25
Figura II.11. Quantidade de pilhas e acumuladores, em unidades, vendidas entre 2003 e 2006 no Canadá, Holanda, Portugal e Suíça (Caria, 2007b; EC, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b) .....	26
Figura II.12. Evolução das vendas por tipos de pilhas primárias, em percentagem das unidades de pilhas primárias vendidas entre 2001 e 2006 no Canadá, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b) .....	27
Figura II.13. Evolução das vendas por tipos de pilhas secundárias, em percentagem das unidades de pilhas secundárias vendidas entre 2001 e 2006 no Canadá, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b) .....	28
Figura II.14. Esquema do ciclo de vida de uma pilha (Adaptado de Pistoia, 2005) .....	36
Figura II.15. Análise ao inventário de materiais e emissões para sistemas de P&A (Adaptado de Pistoia et al., 2005).....	37
Figura II.16. Símbolo para a marcação de pilhas, acumuladores e baterias de pilhas com vista à recolha selectiva (Anexo II da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro) .....	42
Figura II.17. Histórico da recolha de P&A na UE, em milhares de toneladas (Corepile, 2007) .....	54
Figura II.18. Quantidades recolhidas e taxas de recolha de P&A em vários países da EU em 2005 (Corepile, 2007) .....	54
Figura II.19. Quantidades de pilhas portáteis recicladas em 2006 pelos membros da EBRA, em toneladas, por país de origem (Adaptado de ADEME, 2007).....	55

Figura II.20. Quantidades de pilhas portáteis recicladas em 2006 pelos membros da EBRA, em toneladas, por tipo de pilha ou acumulador (Adaptado de ADEME, 2007).....	55
Figura II.21. Distribuição das P&A presentes nos RSU em duas campanhas realizadas na Alemanha em 2001 (Adaptado de Pistoia, 2005).....	57
Figura II.22. Exemplos de pilhões colocados em estabelecimentos comerciais (Ecopilhas, 2007) .....	59
Figura II.23. Exemplos de pilhões colocados na rua ou nos ecopontos e que são da responsabilidade dos SMAUT .....	59
Figura II.24. Exemplo dos mini-pilhões distribuídos em 2007 pela Ecopilhas (2007).....	59
Figura II.25. Histórico do consumo de tipos de pilhas primárias colocadas no mercado português, em percentagem do total das pilhas primárias, em número e em peso (Caria, 2007a).....	61
Figura II.26. Histórico do consumo de tipos de pilhas secundárias colocadas no mercado português, em percentagem do total das pilhas secundárias, em número e em peso (Caria, 2007a) .....	61
Figura II.27. Consumo de pilhas primárias e secundárias, em percentagem do total de unidades e do peso das P&A colocadas no mercado português em 2006 (Caria, 2007a) .....	61
Figura II.28. Histórico das quantidades, em peso, de P&A recolhidos e enviados para reciclagem e respectiva taxa de recolha (Caria, 2007a; Caria, 2006c; Martinho <i>et al.</i> , 2006) .....	62
Figura II.29. Histórico das quantidades em peso de P&A recolhidos, por canal de recolha (Caria, 2007a; Caria, 2006c).....	63
Figura II.30. Histórico da produção total de RSU e respectiva capitação (MAOTDR, 2007) .....	64
Figura II.31. Histórico relativo ao destino final dado aos RSU em Portugal continental (MAOTDR, 2007) .....	64
Figura II.32. Sistemas de Gestão de RSU em Portugal Continental (MAOTDR, 2007).....	65
Figura II.33. Número de ecopontos e número de habitantes por Sistema, em 2005 (MAOTDR, 2007) .....	66
Figura III.1. Sistemas de Gestão de RSU em Portugal Continental em que foram acompanhadas campanhas de caracterização de resíduos (adaptado de MAOTDR, 2007) .....	77
Figura III.2. Imagens de uma campanha de quantificação e caracterização física de RSU indiferenciados: preparação da amostra e triagem das componentes.....	78
Figura III.3. Amostras de P&A usados separados dos RSU indiferenciados.....	79
Figura III.4. Exemplos de resíduos de equipamentos electrónicos com P&A incorporados.....	79
Figura IV.1. Gráfico de caixas referente à quantidade de P&A usados, em percentagem do peso de RSU indiferenciados nas amostras compósitas de cada tipologia.....	94
Figura IV.2. Gráfico de caixas referente à quantidade de REEE com P&A incorporados por tonelada de RSU indiferenciados nas amostras compósitas de cada tipologia.....	94
Figura IV.3. Distribuição percentual por composição química, em número e em peso, de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados .....	99
Figura IV.4. Distribuição percentual média das P&A usados, por sistema químico e em peso, depositados nos RSU indiferenciados em 2007 .....	102

Figura IV.5. Distribuição percentual média das P&A usados, por sistema químico e em número, depositados nos RSU indiferenciados em 2007 .....	103
Figura IV.6. Distribuição percentual média das P&A usados, por formato, depositados nos RSU indiferenciados em 2007.....	103
Figura IV.7. Distribuição percentual das P&A usados por t de RSU, soltos incorporados nos REEE.	106
Figura IV.8. Distribuição percentual por categorias de EEE de REEE com P&A incorporados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental, em 2007 .....	107





# ÍNDICE DE QUADROS

Quadro II.1. Segmentação de pilhas e acumuladores e aplicações gerais segundo a Directiva 2006/66/CE, de 6 de Setembro de 2006 .....	8
Quadro II.2. Características das pilhas e acumuladores (Linden, 1984; Bergveld et al., 2002).....	10
Quadro II.3. Designações dos formatos mais comercializados e respectivo peso médio para as pilhas de zinco/carbono e alcalinas de manganês (BBMA, 2007; Ecopilhas, 2007a; Pistoia, 2005).....	13
Quadro II.4. Lista dos principais equipamentos eléctricos e electrónicos portáteis, utilizados para consumo doméstico, comercial e profissional .....	14
Quadro II.5. Características das pilhas primárias mais importantes para equipamentos portáteis (Bergveld et al., 2002; Crompton, 2000; Kiehne, 2003; Linden, 1984; Pistoia, 2005) .....	19
Quadro II.6. Características das pilhas secundárias mais importantes para equipamentos portáteis (Bergveld et al., 2002; Crompton, 2000; Kiehne, 2003; Linden, 1984; Pistoia, 2005) .....	20
Quadro II.7. População, quantidade e composição de P&A vendidos entre 2003 e 2006 na Alemanha, Canadá, França, Holanda, Japão, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b).....	25
Quadro II.8. Composição média de metais e água em percentagem de peso para os diferentes sistemas químicos de P&A portáteis.....	32
Quadro II.9. Diferentes tipos de resíduos de P&A definidos na LER .....	33
Quadro II.10. Método de cálculo da taxa de recolha (Anexo I da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro) .....	41
Quadro II.11. Campanhas de caracterização e quantificação de RSU realizadas para quantificação do peso húmido de pilhas primárias e secundárias, por tonelada de RSU (adaptado de RECHARGE, 2005) .....	56
Quadro II.12. Consumo de pilhas primárias declaradas pelos produtores/importadores aderentes ao SIPAU (Caria, 2007a).....	60
Quadro II.13. Histórico da quantidade recolhida de P&A por canal de recolha (Caria, 2007a; Caria, 2006c) .....	62
Quadro II.14. Produção e recolha de RSU em Portugal Continental, em 2005 (MAOTDR, 2007) .....	65
Quadro II.15. População, produção, capitação e destinos finais dos RSU em 2005, por SMAUT (MAOTDR, 2007; APA, 2008b).....	67
Quadro II.16. Composição física média dos RSU (MAOTDR, 2007).....	68
Quadro II.17. Percentagem, em peso, de P&A presentes nos RSU, nos SMAUT em que foram quantificadas nas campanhas de caracterização física (Profico, 2005, Carvalho, 2005) .....	69
Quadro II.18. Quantidades de P&A recolhidas e enviadas pelos SMAUT à Ecopilhas, entre 2004 e 2007 (Caria, 2007a, Caria, 2007c).....	70
Quadro III.1. Cronograma experimental referente ao trabalho realizados de Fevereiro de 2007 a Fevereiro de 2008.....	75

Quadro III.2. Calendarização das campanhas realizadas pelos SMAUT, entre Março a Dezembro de 2007, e acompanhadas no âmbito deste projecto .....	76
Quadro III.3. Indicadores de quantidades de P&A usados e de REEE com P&A incorporados nas campanhas de caracterização de resíduos .....	81
Quadro III.4. Indicadores de produção e gestão de P&A e respectivos resíduos.....	82
Quadro III.5. Características gerais das amostragens realizadas pelos SMAUT e acompanhadas pela Equipa da FCT/UNL .....	85
Quadro III.6. Características gerais dos SMAUT analisados em 2005 (APA, 2008b; INR, 2006).....	85
Quadro III.7. Parâmetros estatísticos calculados (Carvalho, 2005 <i>fide</i> Guimarães & Cabral, 1997;.....	88
Quadro IV.1. Resultados dos testes realizados à normalidade da proporção da população P&A .....	90
Quadro IV.2. Análise estatística das campanhas de quantificação e caracterização de P&A presentes nos RSU indiferenciados.....	91
Quadro IV.3. Quantidade e distribuição percentual de P&A usados quantificados e caracterizados no total das campanhas de RSU .....	96
Quadro IV.4. Indicadores relativos às quantidades de P&A usados, soltos e incorporados nos REEE, presentes nos RSU indiferenciados .....	97
Quadro IV.5. Indicadores relativos às quantidades de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados, em função da sua composição química e formatos .....	98
Quadro IV.6. Quantidade de P&A usados soltos e incorporados nos REEE presentes nas amostras de RSU.....	99
Quadro IV.7. Quantidade de REEE com P&A usados incorporados por tonelada de RSU amostrado e por categoria de REEE .....	99
Quadro IV.8. Taxa de contaminação.....	100
Quadro IV.9. Peso dos SMAUT (% de produção de resíduos para 2005) em Portugal Continental. I	101
Quadro IV.10. Principais valores mínimos, médios e máximos dos indicadores de resíduos de P&A nos RSU indiferenciados estimados para 2007 .....	102
Quadro IV.11. Quantidades médias estimadas de P&A usados, por sistemas químicos, depositados nos RSU indiferenciados em 2007 .....	102
Quadro IV.12. Quantidades médias estimadas de P&A usados, por formatos, depositados nos RSU indiferenciados em 2007.....	103
Quadro IV.13. Distribuição percentual do peso de P&A usados vendidos em 2004, 2005 e 2006 e respectiva estimativa para as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em 2007 .....	104
Quadro IV.14. Peso médio por pilha referentes às quantidades vendidas em 2004, 2005 e 2006 e respectiva estimativa para as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em 2007 .....	105
Quadro IV.15. Quantidades estimadas de metais componentes das P&A usados, depositados nos RSU indiferenciados, em 2007.....	106
Quadro IV.16. Quantidades médias estimadas de P&A usados soltos vs incorporados em REEE, depositados nos RSU indiferenciados em 2007 .....	106

Quadro IV.17. Quantidades de REEE com P&A usados incorporados, depositados nos RSU indiferenciados por categoria de EEE, em 2007.....	107
Quadro IV.18. Estimativa dos indicadores de gestão de resíduos de P&A, em 2007.....	109
Quadro VII.1. Composição dos vários sistemas químicos de P&A, em peso húmido e classificação de riscos específicos atribuídos às substâncias e preparações perigosas. ....	127
Quadro VII.2. Análise estatística para a quantidade de P&A usados, em peso por sistemas químicos e formatos, por amostra de RSU indiferenciados realizadas .....	152
Quadro VII.3. Análise estatística para a quantidade de P&A usados, em número por amostra de RSU realizadas, por sistemas químicos e formatos .....	152
Quadro VII.4. Análise estatística aos indicadores de quantidade de RSU indiferenciados amostrada, quantidade de P&A usados e de REEE com P&A incorporados por amostra e respectivos indicadores calculados de quantidade por t de RSU indiferenciados.....	153
Quadro VII.5. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de P&A usados, em peso por tonelada de RSU indiferenciados, por sistemas químicos e formatos .....	153
Quadro VII.6. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de P&A usados, em número por sistemas químicos e formatos, por tonelada de RSU indiferenciados .....	154
Quadro VII.7. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de P&A usados soltos e incorporados em REEE, em peso e em número por t de RSU indiferenciados.....	154
Quadro VII.8. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de REEE com P&A incorporados, em número por t de RSU indiferenciados .....	155
Quadro VII.9. Composição química estimada das P&A usados (amostra compósita) em peso e por sistemas químicos, por tonelada de RSU indiferenciado .....	158



# I.INTRODUÇÃO

## I.1. Introdução

A importância de uma correcta gestão de resíduos que minimize os danos no ambiente, com vista da melhoria da qualidade de vida das populações e das gerações futuras, é hoje um dos assuntos fulcrais em matéria de desenvolvimento sustentável. No âmbito do 6º Programa Comunitário de Acção em Matéria do Ambiente, e de acordo com as Estratégias Temáticas de Prevenção e Reciclagem de Resíduos e de Utilização Sustentável de Recursos Naturais, a prevenção de resíduos é prioritária, seguida de reciclagem, da recuperação e da incineração, sendo a deposição em aterro apresentada como último recurso.

A gestão sustentável dos resíduos está dependente da partilha de responsabilidades por todos os intervenientes, desde o produtor ao consumidor, passando pelos operadores até às autoridades competentes. A disponibilidade de informação e a educação sobre a correcta gestão de resíduos, em especial dos resíduos perigosos, são factores essenciais para atingir os objectivos definidos nesta matéria.

A forma mais eficaz de reduzir as quantidades de resíduos perigosos presentes nos RSU é através da separação no ponto de geração. A devida educação ambiental do cidadão consumidor face aos resíduos, em especial perigosos, permitirá que o mesmo saiba qual a melhor forma de os usar, armazenar e encaminhar para correcto destino (Shah, 2000). As pilhas e acumuladores (P&A) fazem parte de uma variedade de produtos de utilização doméstica que contêm resíduos perigosos, pelo que os consumidores devem ser educados sobre as consequências que advêm da sua incorrecta eliminação.

A fonte de energia electroquímica fornecida pelas P&A permite o funcionamento de telemóveis, computadores, câmaras fotográficas e uma variedade de outros Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (EEE), que progressivamente têm feito cada vez mais parte do nosso quotidiano.

Os recentes avanços tecnológicos no desenvolvimento de produtos electrónicos, em especial de consumo, permitiram um aumento significativo na procura de pilhas primárias (pilhas não recarregáveis) e secundárias (baterias e acumuladores recarregáveis). Em 2006 aproximadamente quatro mil milhões de P&A foram vendidos na União Europeia (UE) (Eurostat, 2007).

Actualmente, o mercado das pilhas electroquímicas encontra-se dividido em três grandes segmentos: as pilhas portáteis, as pilhas industriais e os acumuladores de veículos. No âmbito do sector doméstico as P&A mais utilizados são portáteis, pelo que serão o objecto de estudo deste trabalho.

A grande variedade de aplicações como fonte de energia portátil, permitiu em 2002 a colocação no mercado dos 15 países da União Europeia (UE), considerando ainda a Suíça e a Noruega, de 1.020.000 t de P&A, dos quais 13% portáteis, 70% de acumuladores de veículos e os restantes 17% de acumuladores industriais (CE, 2003a). Eventualmente, quando o seu tempo de vida útil se esgotar, os consumidores irão descartá-las para o fluxo de resíduos. Os metais pesados, presentes nas pilhas usadas, poderão representar riscos ambientais graves quando acumulados no ambiente, tornando-se portanto necessário dar um correcto destino final a estes resíduos.

O uso de substâncias perigosas nas P&A foi limitado pela Directiva do Conselho 91/157/CEE, de 18 de Março, referente às P&A com determinadas substâncias perigosas, que proibiu a colocação no mercado de P&A com quantidades, em peso, superiores a 0,0005% de mercúrio, 0,025% de cádmio e 0,4% de chumbo. Definiu ainda um sistema de marcação que as identifique como tal e requereu aos

Estados Membros (EM) a implementação de programas de acção relativos à gestão destas P&A. Estes programas teriam como objectivos a redução da quantidade enviada para eliminação, prevendo a sua recolha selectiva e reciclagem, assim como a promoção de investigação no uso de materiais substitutos menos prejudiciais ao ambiente e de sistemas de reciclagem mais eficientes.

Apesar das adaptações ao progresso técnico pela Directiva 93/86/CEE da Comissão, de 4 de Outubro e pela Directiva 98/101/CEE da Comissão, de 22 de Dezembro, a Directiva 91/157/CEE, apenas abrangeu uma pequena parte das P&A, (i.e. as pilhas de óxido de mercúrio, NiCd e de chumbo ácido), ficando de fora as restantes. Este facto, bem como a inexistência de metas mínimas de recolha e reciclagem, permitiram que cada EM estabelecesse programas de acção com abrangências diferentes ao nível das P&A, em alguns casos com metas ambiciosas e em outros com ausência das mesmas.

Actualmente, as P&A usados têm como destino a valorização ou a eliminação. Em 2002, das aproximadamente 160.000 t de pilhas portáteis colocadas no mercado europeu, 45,5 % foram incineradas ou depositadas em aterro (CE, 2003a). Apesar da contribuição das P&A usados nas emissões de metais pesados, como o zinco, o chumbo, o níquel e o cádmio, ser negligenciável na fase de incineração ou deposição em aterro, quando comparada com as restantes fontes antropogénicas, estes metais e outros como, por exemplo, o cobalto e a prata, poderão ser recuperados, valorizados e reutilizados como materiais secundários (CE, 2003a; CE, 2003b).

De acordo com a European Pollutant Emission Register (EPER), 8% das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na UE-25, em 2004, tiveram origem na indústria de produção de metais, pelo que a recuperação de metais provenientes das P&A usados, para além do valor económico implícito como materiais secundários, poderá contribuir, também, para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> (EPER, 2007). Resultados de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) realizada à gestão de resíduos de P&A no Reino Unido, indicam que a opção de aumento da reciclagem de P&A, quando comparada com a incineração ou deposição em aterro, tem maiores benefícios ambientais e sociais, apesar de maiores custos financeiros. De acordo com os cenários analisados, esta opção permite também reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> entre 198 kg e 248 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, por tonelada de resíduos de P&A produzidos (DEFRA, 2006).

Ao nível da recolha selectiva, apenas 17% das P&A colocados no mercado da UE, em 2002, foram recolhidas separadamente. Considerando que 45,5% foram incineradas ou depositadas em aterro, a quantidade restante de P&A vendidos poderá estar armazenada nos lares dos consumidores. Tendo em conta que o tempo de vida útil varia entre os 3 anos, para as pilhas primárias, e os 7 anos, para os acumuladores, estima-se que em média, nos 15 países da UE, contabilizando também a Suíça e a Noruega, 37% das P&A usados estariam armazenadas em casa dos consumidores. Este valor poderá chegar aos 60% no caso das pilhas recarregáveis (CE, 2003a). Segundo a STIBAT (2007a), a organização de recolha e reciclagem de resíduos de P&A holandesa, em cada lar holandês estão armazenadas 71 pilhas portáteis, das quais 12 já foram usadas e as restantes encontram-se em utilização em EEE.

Em resposta às lacunas existentes na legislação europeia sobre a gestão de P&A e respectivos resíduos, foi criada a Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro, que definiu e uniformizou, a nível comunitário, metas de recolha selectiva e reciclagem para todas as P&A usados, revogando a Directiva 91/157/CEE. Dentro deste novo quadro legislativo, todas as P&A usados são abrangidos, independentemente do teor em substâncias perigosas, devendo os EM ter como objectivo global atingir um elevado nível de reciclagem. Este objectivo deverá ser conseguido através da maximização da recolha selectiva de P&A usados e minimização da eliminação dos mesmos como resíduos urbanos indiferenciados, tomando em conta o impacto ambiental do transporte associado.

A legislação nacional sobre este fluxo específico de resíduos, designadamente o Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, e a Portaria nº572/2001, de 19 de Junho, baseada ainda na Directiva 91/157/CEE, define as metas de recolha e reciclagem a nível nacional, para todas as P&A e não apenas para as abrangidas pela referida Directiva. Segundo o Decreto-Lei, os produtores e importadores são obrigados a submeter a gestão das suas P&A e a gestão de P&A usados a um dos dois programas de acção, relativos a acumuladores de veículos, industriais e similares e a pilhas e outros acumuladores. Relativamente às pilhas e outros acumuladores, o programa de acção estabelece que a responsabilidade dos produtores e importadores pela gestão das P&A usados pode ser transferida para uma entidade gestora devidamente licenciada para exercer essa actividade.

Neste seguimento, foi criada a Ecopilhas – Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados, Lda. com o objectivo de gerir o funcionamento do Sistema Integrado de Pilhas e Acumuladores Usados (SIPAU), actuando de acordo com a licença do Ministério do Ambiente e Ordenamento o Território de 14 de Outubro de 2002. O SIPAU entrou em funcionamento em Janeiro de 2004.

A nova directiva, Directiva 2006/157/CE, estabelece uma taxa de recolha selectiva de 25%, baseada na média das quantidades vendidas de P&A em três anos, que deverá ser atingida até 26 de Setembro de 2012.

Em 2005, a recolha selectiva de P&A usados em Portugal, atingiu os 17% da quantidade colocada anualmente no mercado nacional, valor abaixo da meta de 50% estabelecida pela Portaria nº572/2001, que entretanto terá que ser revista face à nova directiva.

Utilizando a formula de cálculo estabelecida pela Directiva 2006/66/CE, a taxa nacional de recolha selectiva de P&A usados, em 2006, foi cerca de 17%, colocando Portugal, com apenas três anos de funcionamento do SIPAU, só atrás da Bélgica, Áustria, Alemanha, Holanda e França, cujos sistemas de gestão têm entre os 17 anos (Áustria) e os 7 anos (França), facto que é bastante encorajador (Ecopilhas, 2007b; EPBA, 2004).

## **I.2. Relevância**

A situação nacional actual das P&A usados no sector doméstico, apresenta algumas lacunas de informação relativamente ao balanço de massas deste fluxo. As quantidades comercializadas anualmente em Portugal, assim como as P&A usados que são recolhidos selectivamente pela Ecopilhas, desde Janeiro de 2004, são conhecidas. No entanto, desconhecem-se as quantidades de P&A presentes nos lares portugueses (i.e. em utilização nos diversos EEE, novas em stock ou usadas e armazenadas em casa), bem como as P&A que são depositados nos RSU indiferenciados.

Esta informação é crucial para se poder aferir, por exemplo, se as metas estabelecidas pela Directiva 2006/66/CE são ou não realistas. Ou seja, se as famílias portuguesas retiverem uma grande quantidade de P&A em suas casas e não as depositarem selectivamente nos recipientes próprios para o efeito, dificilmente se conseguirá atingir a meta de 25% de recolha selectiva.

O conhecimento do fluxo das P&A de utilização doméstica é igualmente importante para se poderem avaliar os comportamentos dos cidadãos relativamente à deposição selectiva destes resíduos e os efeitos que as campanhas de sensibilização promovidas pela Ecopilhas e por outras entidades têm sobre a alteração desses mesmos comportamentos.

Por outro lado, é importante salientar que as P&A presentes nos resíduos sólidos urbanos (RSU) integram os resíduos que normalmente se incluem na componente designada por Pequenas Quantidades de Resíduos Perigosos (PQRP), pelo que, dado o seu carácter de perigosidade, é importante conhecer os quantitativos e as características destas P&A.

Consciente da necessidade de conhecer e avaliar melhor o fluxo das P&A de utilização doméstica, a Ecopilhas estabeleceu um Protocolo de Cooperação com a Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), para a realização de um projecto de investigação sobre P&A usados pelo sector doméstico. O referido projecto, que se iniciou em Março de 2007, encontra-se estruturado nos seguintes três sub-projectos:

- Projecto 1 – Quantificação e caracterização das pilhas e acumuladores usados depositados nos contentores de RSU indiferenciados;
- Projecto 2 – Quantificação e caracterização das pilhas e acumuladores usados presentes nos resíduos depositados nos embalões;
- Projecto 3 – Quantificação e caracterização das pilhas e acumuladores presentes nos lares portugueses.

A presente dissertação diz respeito ao trabalho desenvolvido no âmbito do Projecto 1 – Quantificação e caracterização das P&A usados depositados nos contentores de RSU indiferenciados.

### **I.3. Objectivos**

Tal como referido, este trabalho de investigação teve como objectivo principal estimar a quantidade, em número e em peso, de P&A que foram depositados nos RSU indiferenciados em 2007, assim como as suas características em termos de sistemas químicos e formatos.

Procurou-se dar respostas a questões como:

- que quantidade de P&A usados estão a ser depositados nos RSU indiferenciados?
- quais as características destas P&A em termos de sistemas químicos e formatos?
- qual a quantidade de pilhas electroquímicas incorporadas nos REEE presentes nos RSU indiferenciados?
- que quantidade de metais pesados estão a ser enviadas para eliminação e qual o seu potencial?
- existem diferenças ao nível das diversas regiões do país nas quantidades e características de P&A presentes nos RSU indiferenciados?

Respostas que poderão ser relevantes para melhorar o conhecimento da situação nacional em matéria de P&A, e assim direccionar as campanhas de sensibilização com vista a um aumento da recolha selectiva deste tipo de resíduos.

Neste âmbito foram estabelecidos os seguintes objectivos específicos para este trabalho:

Estimar a quantidade, em número e em peso, de P&A que foram depositados nos RSU indiferenciados em 2007, assim como as suas características em termos de sistemas químicos e formatos;

Avaliar as diferenças nas quantidades de P&A usados encontrados nos RSU indiferenciados nomeadamente por tipologia do SMAUT (rural, misto, urbano);

Estimar as quantidades de metais pesados presentes nas P&A que estão a ser depositados no fluxo dos RSU indiferenciados e que são enviados para eliminação (i.e. incineração e aterro sanitário);

Comparar e avaliar os resultados obtidos com as quantidades e características das P&A vendidos no mercado português, assim como com os resultados obtidos de estudos semelhantes realizados em alguns países europeus.



## **I.4. Metodologia Geral**

Para analisar o fluxo de P&A no sector doméstico e quantificar e caracterizar as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, começou-se por efectuar uma revisão literatura relativamente à gestão de P&A, em Portugal e na Europa, e definiu-se uma metodologia específica para a quantificação e caracterização das P&A usados nos RSU indiferenciados.

Em termos gerais, realizar campanhas específicas para quantificar e caracterizar este fluxo de resíduos nos RSU mostrou-se pouco exequível. A quantidade em peso das pilhas portáteis usados é muito pequena quando comparada com a quantidade amostrada, podendo também ocorrer amostragens sem presença de P&A e outras com uma quantidade significativa. Para anular esta variabilidade nas quantidades de pilhas portáteis por amostra, seria necessário realizar um grande número de amostragens, na ordem das centenas, o que seria inviável em termos de recursos financeiros, humanos e logísticos.

Deste modo, e tendo em conta que os SMAUT realizam campanhas de caracterização e quantificação aos RSU periodicamente, optou-se por solicitar a colaboração dos SMAUT para proceder à quantificação e caracterização das P&A usados presentes nas amostras de RSU que utilizam nas suas campanhas de quantificação e caracterização dos seus RSU. Partiu-se do princípio que aproveitando todas as amostras de RSU utilizadas pelos SMAUT que em 2007 realizassem campanhas de caracterização aos seus RSU, seria possível obter uma quantidade suficientemente representativa e estatisticamente significativa de P&A presentes nos RSU indiferenciados.

Para o efeito foram contactados todos os SMAUT, de modo a precisar as datas de realização das campanhas a efectuar em 2007. No total, e durante o período que decorreu de Março de 2007 a Dezembro de 2007, foi possível acompanhar 17 campanhas de caracterização e quantificação de RSU indiferenciados, as quais abrangeram 12 SMAUT de várias tipologias, o que representou uma caracterização de 90 toneladas de RSU.

Todas as P&A presentes nestas amostras, quer soltas nos RSU, quer ainda as incorporadas nos REEE, foram separadas para quantificação, em peso e número, e caracterização por formato e sistema químico.

## **I.5. Organização da Dissertação**

Considerando os objectivos propostos para este trabalho de investigação, a dissertação foi organizada em cinco grandes partes, seguidamente definidas.

Na primeira parte, é feita uma breve introdução ao tema, com uma abordagem à problemática internacional e nacional da gestão dos resíduos de P&A, à relevância e à contribuição deste trabalho para um melhor conhecimento da situação nacional neste domínio. São também definidos os objectivos, a metodologia geral utilizada e a forma como se encontra organizada a dissertação.

Na segunda parte é apresentada uma revisão da literatura sobre o estado de arte da gestão de P&A usados. Inicialmente é apresentada a história e a evolução da produção das P&A, os tipos de pilhas e acumuladores existentes, relativamente à sua variedade, funcionamento e aplicações e também o mercado actual e tendências de desenvolvimento. O impacte associado às P&A usados no ambiente e a recolha e reciclagem são também temas abordados. Em termos legislativos é feito um enquadramento da situação comunitária e nacional e do sistema nacional de gestão de P&A. Considerando a metodologia utilizada, optou-se por introduzir um capítulo relativo aos Sistemas de Gestão de RSU, onde é realizada uma caracterização dos diversos Sistemas de Gestão de Resíduos (SGR).

Na terceira parte, é definida a metodologia utilizada para quantificar e caracterizar as P&A usados presentes nos RSU indiferenciados e apresentado o planeamento experimental. É também feita uma caracterização dos SMAUT amostrados e da amostra realizada, assim como dos indicadores utilizados e o tratamento efectuado aos resultados obtidos.

A Parte IV é referente à análise e discussão dos resultados, relativamente à quantidade de P&A presentes nos RSU indiferenciados, quer soltas nos resíduos, quer incorporadas nos REEE, e à taxa de contaminação encontrada, terminando com uma estimativa da quantidade anual de P&A presentes nos RSU indiferenciados.

Para finalizar, na Parte V, é feita uma síntese conclusiva dos resultados obtidos, são indicadas algumas limitações do estudo realizado e sugestões para possíveis linhas de investigação futuras.

## **II.REVISÃO DA LITERATURA**

### **II.1.Pilhas e Acumuladores**

#### ***II.1.1. Aspectos gerais***

Pretende-se neste capítulo da revisão da literatura apresentar o estado da arte das P&A, ao nível das suas características e aplicações, legislação e gestão de resíduos.

Dada a diversificação de sistemas químicos e formatos das P&A e suas aplicações, em especial as portáteis, são inicialmente abordados os conceitos de funcionamento, operação e classificação das pilhas electroquímicas, no capítulo II.1.2, sendo o capítulo seguinte dedicado à selecção das pilhas portáteis para as variadas aplicações, tendo em conta as suas características, numa óptica de analisar o desempenho da sua utilização e tempo de vida.

Considerando a evolução das fontes de energia electroquímica e as implicações ambientais das tendências na produção de novas tecnologias e aplicações, apresenta-se ainda uma análise geral do mercado actual e as tendências de desenvolvimento das pilhas electroquímicas, importantes na gestão das P&A usados nos próximos cinco anos.

No capítulo II.1.5, são referidos os impactes ambientais associados às P&A, nomeadamente na incineração de resíduos e deposição em aterros, seguindo-se uma descrição dos processos de recolha e reciclagem destes resíduos, com especial ênfase no caso europeu.

Nos últimos dois capítulos é analisada a legislação europeia e nacional sobre a gestão de P&A e apresentado o mercado, gestão e funcionamento do sistema nacional de gestão de P&A.

#### ***II.1.2. Conceitos, componentes e operação das pilhas electroquímicas***

Uma pilha electroquímica é um dispositivo que converte directamente energia química, contida nos materiais activos que a compõem, em energia eléctrica, através de reacções electroquímicas (Linden,1984). Por definição uma bateria consiste num conjunto de pilhas individuais ou células, ligadas em série ou paralelo, ou ambos, dependente da voltagem e capacidade requeridas (Barak, 1980; Linden, 1984).

A distinção entre pilhas primárias e secundárias refere-se à capacidade da pilha em ser recarregada electricamente. As pilhas primárias não têm a capacidade de serem facilmente recarregadas, pelo que uma vez descarregadas são descartadas. No caso das pilhas secundárias ou acumuladores, o sistema químico que as compõe permite que, após descarga, sejam recarregadas à condição inicial (Linden, 1984).

Segundo a legislação europeia relativa a pilhas e acumuladores e respectivos resíduos, a Directiva 2006/66/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Setembro de 2006, as pilhas e acumuladores encontram-se diferenciadas em pilhas e acumuladores portáteis, baterias e acumuladores industriais e para veículos automóveis. No Quadro II.1 são relacionados estes conceitos e definições, apresentando-se exemplos gerais de aplicação para cada segmento definido na Directiva 2006/66/CE.

São comuns, e de uso geral pelos consumidores domésticos ou profissionais, as pilhas portáteis alcalinas de dióxido de manganês, de zinco carbono e lítio, no caso de não serem recarregáveis e, as de níquel cádmio, hidreto metálico de níquel, ácidas de chumbo e iões de lítio, no caso dos

acumuladores (recarregáveis). No que se refere às baterias e acumuladores para veículos automóveis, são normalmente utilizadas baterias de chumbo, enquanto que em aplicações industriais são mais utilizadas as tecnologias de Níquel/cádmio ou níquel/hidreto metálico.

As pilhas e acumuladores portáteis são comercializados em diversos formatos, para as mais variadas aplicações. Dos formatos padrão, o formato cilíndrico é o mais usual, em especial as formas AAA, AA, C e D, havendo outros, menos utilizados, como os formatos prismáticos (4,5V ou 9V), tipo “botão” ou específicos do equipamento para que foi desenvolvido (i.e. telemóveis e computadores portáteis).

Nos capítulos seguintes serão descritas, em maior pormenor, as características e tecnologias aplicadas nas pilhas portáteis, assim como a selecção dos diferentes sistemas químicos para as variadas aplicações existentes.

Quadro II.I.Segmentação de pilhas e acumuladores e aplicações gerais segundo a Directiva 2006/66/CE, de 6 de Setembro de 2006

Segmentos		Aplicações gerais	Utilização
Pilhas e acumuladores portáteis: <i>Hermeticamente fechados, de fácil transporte à mão por qualquer pessoa e que não são baterias de automóveis, nem destinadas a fins industriais.</i>		Telemóveis, computadores portáteis, ferramentas eléctricas sem fios, brinquedos e aparelhos domésticos (i.e. escovas de dentes, máquinas de barbear e aspiradores sem fios, incluindo equipamento idêntico utilizado em escolas, lojas, restaurantes, aeroportos, escritórios ou hospitais)	Doméstica e profissional
	Veículos automóveis	Fonte de energia do motor de arranque, para as luzes ou para a ignição de veículos automóveis e motorizadas, Baterias Starter, Lighting and Ignition (SLI)	
Baterias e acumuladores	Industriais: <i>Não fechados hermeticamente e não destinado a veículos automóveis</i>	Energia de emergência ou reserva nos hospitais, aeroportos ou escritórios; comboios ou aeronaves; plataformas petrolíferas ao largo ou em faróis; terminais de pagamento portáteis em lojas e restaurantes, leitores de código de barras em lojas, equipamento vídeo profissional para canais de televisão e estúdios profissionais, lâmpadas utilizadas por mineiros e mergulhadores inseridas nos capacetes destinados a profissionais; reserva para portas eléctricas; equipamentos de medição ou instrumentação; ligação com aplicações de energias renováveis; veículos eléctricos	Industrial

Os processos electroquímicos envolvem sempre a transferência de electrões de uma substância para outra, sendo por isso reacções de oxidação-redução (redox). Numa pilha galvânica, a produção de electricidade é feita através de um reacção redox espontânea, por outro lado numa pilha electrolítica (i.e. acumulador em carregamento), é necessário o fornecimento externo de energia para haver fluxo de electrões (Chang, 1994). Uma pilha galvânica é composta por três componentes principais, o ânodo ou eléctrodo negativo, o cátodo ou eléctrodo positivo e o electrólito.

No ânodo, ou o eléctrodo negativo (eléctrodo redutor), ocorre a oxidação, fornecendo electrões ao circuito externo sendo oxidado durante a reacção electroquímica. No cátodo, ou eléctrodo positivo (eléctrodo oxidante), ocorre a redução com a recepção dos electrões, sendo reduzido pela reacção. O electrólito é o condutor iónico que permite o movimento dos catiões e aniões em solução, da qual depende a transferência de electrões dentro da célula,

A operação de uma pilha é composta pela fase de descarga, no caso das pilhas primárias ou secundárias, e pela fase de carga, que ocorre nas pilhas electrolíticas, como na recarga de pilhas secundárias. O funcionamento das pilhas electroquímicas é esquematizado na Figura II.1.

Durante a fase de descarga, apresentada no esquema esquerdo da Figura II.1, após a pilha ter sido conectada a uma carga exterior, o fluxo de electrões ocorre do ânodo, que fica oxidado, para o cátodo, que recebendo os electrões fica reduzido. O fluxo de aniões para o ânodo e de catiões para o cátodo presentes no electrólito permitem o fecho do circuito. No caso de uma pilha secundária descarregada, a fase de carga ou recarga é realizada após ligação a uma fonte eléctrica exterior. Nesta fase o fluxo de electrões é invertido e a oxidação passa a ocorrer no eléctrodo positivo e a redução no eléctrodo negativo. O ânodo, que por definição é onde ocorre a oxidação, passa assim a ser o eléctrodo positivo e o cátodo o eléctrodo negativo.

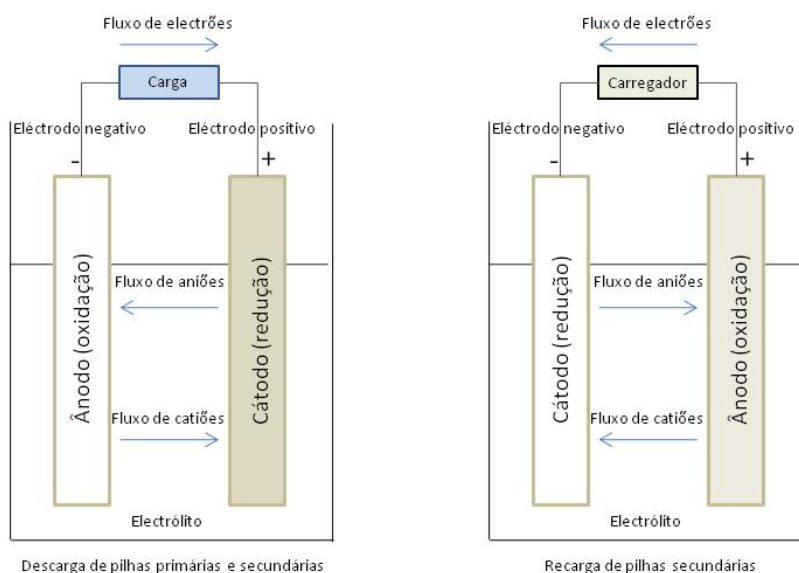


Figura II.1. Esquema de operação de carga e descarga de pilhas electroquímicas (adaptado de Linden, 1984)

Cada um dos eléctrodos, quando ambos imersos no electrólito, apresenta a sua voltagem própria, definida pela diferença de potencial entre eléctrodos e que permite o movimento dos electrões de um eléctrodo para o outro.

Também denominada de força electromotriz (f.e.m.) ou tensão de pilha, a diferença de potencial entre eléctrodos é expressa em volts (V). A voltagem padrão de uma célula pode ser calculada pela soma do potencial de oxidação (valor negativo do potencial de redução) do ânodo com o potencial de redução do cátodo, cujos valores para condições padrão são conhecidos teoricamente. A tensão da célula é influenciada pela concentração dos iões em solução e pela temperatura.

A capacidade de uma célula corresponde à quantidade de electricidade que esta pode fornecer e que está envolvida na reacção electroquímica, expressa em amperes-hora (Ah). A capacidade em amperes-hora está relacionada com a quantidade de electricidade obtida dos materiais activos, sendo

calculada a partir da massa equivalente dos mesmos (Linden, 1984). Desta forma, pode-se definir a capacidade específica (massa de material activo), expressa em Ah/kg ou, em termos volúnicos (volume de material activo), expresso em Ah/dm<sup>3</sup>.

Para além dos conceitos de tensão ou voltagem das células electroquímicas, no Quadro II.2 são apresentadas e definidas mais características das pilhas e acumuladores, importantes na avaliação de desempenho e comparação das diversas tecnologias.

São vários os factores que afectam a capacidade de uma pilha, desde as condições operacionais, como nível de voltagem, a corrente de descarga, o tipo de descarga, a temperatura da bateria, o tempo de serviço, regulação de voltagem do equipamento e a voltagem de recarga de pilhas secundárias, ao desenho e construção da pilha ou bateria e o tempo de vida de utilização.

A voltagem de uma pilha ou acumulador, em fase de descarga, diminui ao longo do tempo de serviço, devido às perdas de resistência interna causadas pela resistência da pilha e da polaridade dos materiais activos. A curva de descarga representa graficamente a voltagem em função do tempo de descarga. Na Figura II.2 apresentam-se as características de descarga em função da corrente debitada. O desempenho de descarga a intensidades de corrente crescentes é representado pelas curvas I a 4. Para descargas de corrente altas, a voltagem diminui mais acentuadamente, o que se revela em menor tempo de serviço (Linden, 1984).

Quadro II.2. Características das pilhas e acumuladores (Linden, 1984; Bergveld et al., 2002)

Característica	Definição	Unidades
Tensão nominal	Voltagem de operação característica	V
Capacidade	Ampere-hora: quantidade de electricidade que pode fornecer	Ah
	Watt-hora: quantidade de energia que pode fornecer, considerando o produto da tensão (V) com a quantidade de electricidade (Ah)	Wh
Densidade de energia	Energia disponível por unidade de volume ou massa	Wh/dm <sup>3</sup> , Wh/kg
Densidade de potência	Potência disponível por unidade de volume ou massa	W/dm <sup>3</sup> , W/kg
Resistência interna	Oposição ou resistência ao fluxo de corrente eléctrica dentro de uma célula ou bateria. Soma das resistências iónicas e electrónicas dos componentes da célula	Ω
Velocidade de descarga	A intensidade de corrente da descarga ou carga, expressa em Amperes, igual à capacidade, em Ah. Corresponde à intensidade da corrente que causa a descarga completa em uma hora. Múltiplos superiores ou inferiores que C são utilizados para exprimir velocidade de correntes de descarga maiores ou menores (i.e. 2C, C/2).	A
Ciclo	Carga e subsequente recarga de uma pilha secundária até às condições iniciais	(-)
Vida em ciclos de descarga	Número de ciclos em condições específicas disponíveis para uma pilha recarregável	N.º
Descarga forçada	Descarga com fonte de energia externa, abaixo dos zero volts até reversão da carga	(-)
Efeito de memória	Fenómeno no qual uma célula, ao operar à mesma taxa de descarga, mas inferior capacidade total, temporariamente perde o resto da sua capacidade a níveis normais de voltagem. Este fenómeno é revertido através de sucessivas recargas após descarga completa	(-)
Sobrecarga	Passagem de corrente forçada através da célula após todo o material ter sido convertido ao estado de carga (i.e. continuação de carregamento após atingir a carga completa)	(-)
Ação local	Reacções químicas dentro de uma célula que convertem os materiais activos para um estado de descarga sem o fornecimento de energia pelos terminais da pilha	(-)
Auto descarga	A perda da capacidade útil durante o armazenamento no devido à acção química interna (i.e. acção local)	(-)
Tempo de armazenamento em prateleira	A duração de armazenamento sem utilização, em condições específicas, no final do qual uma pilha ou bateria, ainda retém a capacidade de fornecer determinadas condições de trabalho	(-)

O tipo de sistema electroquímico apresenta diferentes formas de curva de descarga, considerando a sua construção e desenho, sendo as mais típicas representadas na Figura II.3. A curva que apresenta a forma mais plana, representa o caso em que a alteração dos materiais activos da reacção não é significativa durante a descarga, até que estes estejam praticamente consumidos. Desta forma é possível o fornecimento de voltagem a um nível relativamente constante até ao final da descarga. A curva 2 representa uma descarga em duas fases, em que o degrau observado é relativo a uma mudança no mecanismo de reacção e potencial dos materiais activos. A curva 3 apresenta um declive acentuado, representando uma descarga em que os elementos activos vão sendo alterados à medida que o tempo de descarga avança (Linden, 1984).

Em relação à temperatura de operação, trata-se de um parâmetro a considerar nas características das pilhas e acumuladores, ao afectar o seu tempo de vida e voltagem, influenciando assim o seu desempenho. Tal como se pode observar na Figura II.4, à mesma intensidade de descarga, temperaturas baixas provocam uma redução da capacidade da pilha, devido à redução da actividade química e ao aumento da resistência interna, diminuindo assim o tempo de serviço. Geralmente as temperaturas óptimas de operação variam entre os 20°C e 40°C (Linden, 1984). A temperaturas superiores, pode aumentar o efeito de auto descarga, ocorrer decomposição do electrólito e um aumento da pressão interna (Pistoia, 2005).

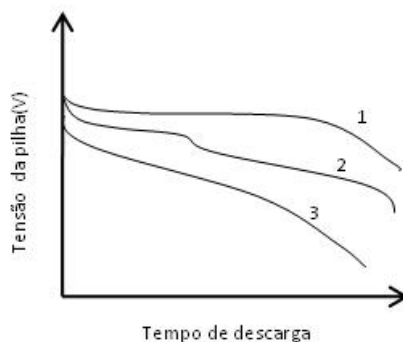


Figura II.2. Representação gráfica das características de descarga das pilhas em função da intensidade da corrente de descarga (adaptado de Linden, 1984)

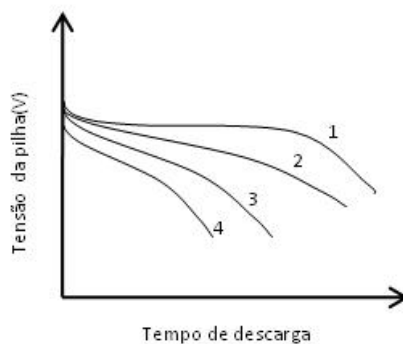


Figura II.3. Representação gráfica das características de descarga das pilhas em função do sistema electroquímico (adaptado de Linden, 1984)

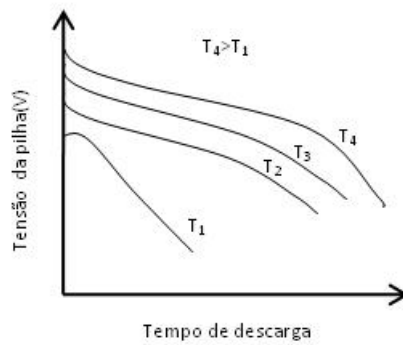


Figura II.4. Representação gráfica das características de descarga das pilhas em função da temperatura de operação (adaptado de Linden, 1984)

Ao nível do tipo de descarga, esta pode ser intermitente ou contínua. Numa descarga intermitente o tempo de serviço é superior, em especial a correntes de descarga altas, uma vez que durante uma interrupção, a pilha pode recuperar o seu potencial (Pistoia 2005, Linden 1984).

A capacidade das P&A está dependente das condições operacionais apresentadas, nomeadamente a velocidade de descarga e a temperatura de operação, mas está também dependente da construção e formato, independentemente do sistema electroquímico. Os componentes não reactivos, como os colectores de corrente ligados aos eléctrodos, o separador, o electrólito e o contentor, adicionam peso à pilha mas não contribuem para a densidade de energia. Desta forma a densidade de energia diminui com a diminuição de volume, devido ao aumento da percentagem de volume dos componentes não reactivos, como no caso das pilhas mais pequenas (Bergveld *et al.*, 2002).

A construção das pilhas pode ser de forma cilíndrica e prismática. Nas pilhas primárias, como as de zinco/carbono ou alcalinas de manganês, no formato cilíndrico utilizado, os eléctrodos têm a forma de dois cilindros concêntricos. Este formato permite menor volume de componentes não activos quando comparado com o tipo de formato cilíndrico utilizado nas pilhas secundárias (i.e. tiras finas dos eléctrodos enroladas com o separador no meio), e assim obter melhores capacidades (Bergveld *et al.*, 2002).

Ao nível dos formatos miniaturizados, importa fazer a distinção entre as pilhas “botão” e as pilhas de formato tipo moeda. As pilhas de formato “botão”, utilizadas em cronómetros, pequenos relógios de alarme e relógios de pulso, são mais altas e geralmente mais pequenas em diâmetro em relação ao formato moeda. Este último formato, é utilizado normalmente em pequenos equipamentos de baixa espessura, como calculadoras, apresentando maior capacidade em relação às pilhas de formato “botão” (Bergveld *et al.*, 2002).

Os diferentes sistemas químicos existentes actualmente, em qualquer das construções (cilíndricas ou prismáticas) e independentemente do seu tamanho, estão disponíveis em vários tipos, que têm vindo a ser optimizados para diversas aplicações. Existem vários sistemas de normas padrão, em termos de formato e tamanho no que se refere à designação e nomenclatura das pilhas, nomeadamente a International Electrotechnical Commission (IEC), a American National Standards Institute (ANSI), normas militares e comerciais dos vários países e designações específicas dos fabricantes (Linden, 1984). Actualmente as normas internacionais da IEC são as normalmente utilizadas (BBMA, 2007).

O sistema da IEC, referente às pilhas primárias foi o primeiro a ser desenvolvido, e é baseado em três tipos de unidade de pilhas ou células, com características relativas à forma cilíndrica ou redonda, prismática e planas/prismáticas, designadas respectivamente R (i.e. *round*), S (i.e. *square*) e F (i.e. *flat*). Neste sistema cada pilha é designada com um código, em que o tamanho é definido pela letra L, R ou



F, seguido do número relativo. Em termos de sistemas electroquímicos, a IEC apresenta uma letra correspondente a cada sistema químico. As pilhas alcalinas de manganês apresentam a letra L antes da letra referente ao tamanho, mas no caso das pilhas de zinco/carbono nenhuma letra é utilizada. A letra S é utilizada para as pilhas de óxido de prata, a C para as pilhas de lítio e a P para as de zinco carbono (Linden, 1984, Pistoia 2005). No caso das baterias, o número de células que a compõem ligadas em série são representadas pelo número a preceder a letra do sistema químico, enquanto que se estiverem ligadas em paralelo o número relativo é colocado a seguir ao número designativo do tamanho (Linden, 1984).

A designação IEC e ANSI, assim como os pesos médios dos formatos de pilhas e acumuladores mais comercializados, no caso das pilhas primárias de zinco/carbono e alcalinas de manganês são apresentados no Quadro II.3. Outras designações utilizadas em relação ao tamanho são também incluídas.

É de salientar que os formatos apresentados também se aplicam às pilhas secundárias de níquel/cádmio e níquel/hidreto metálico. Na Figura II.5 é possível visualizar e comparar os diferentes tamanhos mais comercializados.

Quadro II.3. Designações dos formatos mais comercializados e respectivo peso médio para as pilhas de zinco/carbono e alcalinas de manganês (BBMA, 2007; Ecopilhas, 2007a; Pistoia, 2005)

ANSI	Outras Designações	Designação IEC				Voltagem (V)
		Zinco/carbono	Peso (g)	Alcalinas de manganês	Peso (g)	
D	Mono	R20	89,0	LR20	142,0	1,5
C	Baby	R14	45,0	LR14	70,0	1,5
AA	Mignon	R6	15,0	LR6	23,0	1,5
AAA	Micro	R03	9,0	LR03	12,0	1,5
9V	E-block	6F22	37,0	6LR61	47,0	6×1,5= 9
4.5V	Normal/flat	3R12	100,0	3LR12	165,0	3×1,5=4,5



Figura II.5. Exemplos de formatos padrão mais utilizados nas pilhas e acumuladores portáteis

Dependente do equipamento para que é destinado, para além das pilhas “botão” ou moeda, outros formatos específicos de acumuladores portáteis foram desenvolvidos, variando em forma e tamanho por fabricante do produto electrónico.

As P&A portáteis são utilizados numa variedade e diversidade de equipamentos eléctricos e electrónicos. No Quadro II.4 é apresentada uma lista indicativa dos principais equipamentos portáteis eléctricos utilizados nos lares dos consumidores, assim como para utilizações profissionais e comerciais.

Quadro II.4. Lista dos principais equipamentos eléctricos e electrónicos portáteis, utilizados para consumo doméstico, comercial e profissional

Equipamentos eléctricos e electrónicos com fonte de energia portátil	
Máquinas fotográficas	Lanternas
Máquinas de filmar	Aparelhos auditivos
Máquinas de calcular	Máquinas de barbear portáteis
Máquinas de barbear	Lâminas de barbear com pilha
Telefones de casa sem fios	Escovas de dentes com pilha
Telemóveis	Ferramentas Eléctricas sem fios (ex. berbequins)
Computadores portáteis	Ferramentas de Jardinagem sem fios (ex. cortadores de relva)
PDA	Facas eléctricas de cozinha
GPS	Isqueiros com pilha
Auriculares e auscultadores portáteis	Depiladoras femininas portáteis
Agendas de bolso	Equipamento Via Verde (portagens autoestradas)
Ratos e teclados sem fios	Aspiradores sem fios
Impressoras portáteis	Rádios despertadores
Comandos de alarme de automóveis, garagens	Brinquedos
Relógios de parede	Colunas portáteis
Relógios de pulso	Ratos sem fios
Leitores de cassete	Teclados sem fios
Leitores de CD	Termómetros digitais.
Leitores portáteis de DVD	Aparelhos de massagem
Leitores de MP3	Sistemas de alarme
Rádios portáteis	Esquentadores com pilha
Televisores portáteis	Brinquedos
Consolas de jogos portáteis	

### II.1.3. Características e aplicações de pilhas e acumuladores portáteis

Actualmente existem diversas tecnologias e formatos de P&A, para utilização doméstica e profissional em equipamentos eléctricos portáteis. Tal como descrito no capítulo anterior, as P&A comercializados apresentam diferentes formatos, características, condições de operação e desempenho.

As P&A apresentam várias designações consoante o pH do electrólito. Nas denominadas ácidas, o electrólito normalmente utilizado é o ácido sulfúrico, como nas baterias de chumbo para ferramentas eléctricas e para veículos automóveis. Nas pilhas salinas, como as de zinco/carbono, o electrólito é composto por uma mistura de sais. As pilhas alcalinas apresentam um electrólito geralmente de hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio, por exemplo as pilhas primárias alcalinas de dióxido manganês, óxido de prata, zinco/ar, óxido de magnésio e secundárias de níquel/cádmio e níquel/hidreto metálico.

Nos Quadro II.5 e Quadro II.6 apresentam-se as principais características das P&A mais importantes utilizados em equipamentos electrónicos portáteis, chamando-se a atenção para o facto das densidades energéticas e as condições de operação apresentadas serem meramente indicativas, pois

dependem da construção, do fabricante e do tipo de descarga ou recarga (Bergveld et al., 2002; Crompton, 2000; Kiehne, 2003; Linden, 1984; Pistoia, 2005). Salienta-se ainda que alguns sistemas apresentam ambas as versões, não recarregáveis e recarregáveis, nomeadamente as pilhas alcalinas de dióxido de manganês.

As pilhas primárias portáteis mais comuns e as suas características principais, tendo em conta os formatos cilíndricos e de “botão” ou moeda, são sucintamente descritas de seguida e apresentadas no Quadro II.5.

### **Zinco/carbono**

As pilhas de zinco carbono ou salinas, diferenciadas em pilhas secas de Leclanché e pilhas de cloreto de zinco, apresentam uma voltagem nominal de 1,5 V. As pilhas de zinco carbono, têm melhor eficiência e maiores tempos de serviço em serviços intermitentes e a baixas correntes de descarga, no caso de serviços contínuos. Em termos de tempo de armazenamento em prateleira e auto descarga, estas pilhas duram cerca de dois anos e descarregam 6% por mês quando não estão a ser utilizadas. À medida que o tempo de armazenamento passa, a pilha vai secando (Crompton, 2000; Pistoia, 2005).

No que refere às pilhas de cloreto de zinco, o facto de apenas conterem uma solução de cloreto de zinco como electrólito, em vez de uma solução de cloreto de amónio e cloreto de zinco, permite melhorar a reacção química, apesar de necessitar de uma melhor selagem da pilha, devido à libertação de gás que vai aumentando. Estas pilhas primárias operam com maior eficiência que as suas predecessoras, podendo assim trabalhar com correntes de descarga mais elevadas e, também, manter a voltagem durante maior tempo de descarga (Crompton, 2000; Pistoia, 2005; Porter 1991). A densidade de energia das pilhas de cloreto de zinco é também superior às de zinco/carbono tradicionais, equivalendo, para as mesmas condições de descarga, a maiores tempos de serviço.

### **Alcalinas de dióxido de manganês**

As pilhas alcalinas de zinco/dióxido de manganês apresentam uma voltagem nominal semelhante à das pilhas de zinco/carbono, mas maior capacidade e, consequentemente, maior tempo de serviço. O seu desenvolvimento permitiu dar resposta à energia portátil necessária para equipamentos com descargas de corrente altas (i.e. 500mA) a serviço contínuo de descarga. Nestas condições, as pilhas alcalinas de manganês têm um tempo de descarga cerca de sete vezes superior, pelo que o formato da curva de descarga típica apresenta um declive inferior à das pilhas de zinco/carbono. Para condições de intensidade de descarga baixas, as pilhas de formato D alcalinas, apresentam menores vantagens económicas em relação às pilhas de zinco/carbono (Crompton, 2000).

O tempo de armazenamento, em prateleira ou sem utilização, das pilhas alcalinas de manganês pode chegar aos quatro anos, ao fim do qual ainda retêm entre 80% a 90% da sua capacidade. Ao nível do efeito de auto descarga, estas pilhas apresentam perdas de capacidade muito inferiores às pilhas de zinco carbono, apenas 5% por ano. Relativamente à temperatura de operação estas pilhas apresentam melhor desempenho a temperaturas baixas.

### **Óxido de Prata**

As pilhas de óxido de prata são normalmente utilizadas no formato “botão”, apresentando uma voltagem de 1,55V e capacidade energética (específica e volúmica) superior às pilhas alcalinas de manganês do mesmo formato, apesar de estas serem compatíveis no que se refere à aplicação. Estas pilhas primárias têm um bom desempenho a baixas temperaturas e apresentam uma descarga estável, durante o tempo de serviço, proporcionando voltagens constantes essenciais a certos equipamentos.

Apresentam também um tempo vida de armazenamento que pode chegar aos 5 anos dependendo da temperatura, tendo uma descarga natural de 3% ao ano.

### **Óxido de mercúrio**

Apesar de a comercialização destas pilhas ter sido banida, devido ao elevado conteúdo de mercúrio na sua composição, em especial após a alteração à Directiva Europeia 91/157/CEE, de 18 de Março, pela Directiva 98/101/CEE da Comissão, de 22 de Dezembro, que proibiu a comercialização de pilhas e acumuladores do tipo “botão” com teores de mercúrio superiores a 2%, a sua substituição tem sido lenta, podendo ainda haver pilhas de óxido de mercúrio a serem comercializadas (NRDC, 2006).

Apesar de terem uma voltagem inferior às pilhas alcalinas de formato tipo “botão” e às pilhas de óxido de prata, as pilhas de mercúrio apresentam capacidades específicas e volumétricas e uma curva de descarga semelhantes às pilhas de óxido de prata, apresentando contudo menor resistência interna. Desta forma, são úteis em aplicações em que é necessária uma voltagem constante a correntes de descarga altas (Dell e Rand, 2001). Ao nível de tempo de armazenamento, este é inferior ao das pilhas de óxido de prata, apresentando uma taxa de auto descarga semelhante.

### **Lítio**

As pilhas de lítio, tal como o nome indica, são construídas com um ânodo de lítio, ao contrário das restantes pilhas apresentadas cujo eléctrodo negativo é o zinco. Devido à reactividade apresentada com água, o electrólito é composto por solventes orgânicos ou inorgânicos. Os sistemas primários mais utilizados são os de lítio/dióxido de manganês, comercializados pela Sanyo em 1975, e de lítio/fluoreto de carbono (Crompton, 2000; Dell e Rand, 2001, Kiehne, 2003).

As pilhas de lítio/manganês são as mais comercializadas, na forma cilíndrica e de moeda. O tempo de armazenamento destas pilhas podem chegar aos 6 anos, à temperatura ambiente, apresentando uma voltagem nominal de 3V, muito superiores às alcalinas de dióxido de manganês, óxido de mercúrio óxido de prata e zinco-ar, assim como densidades de energia por volume e massa muito superiores, sendo as pilhas de zinco-ar a excepção.

O intervalo de temperatura de operação das pilhas de lítio/manganês é também mais flexível, em relação aos restantes sistemas químicos. Ao nível da forma da curva de descarga, estas pilhas funcionam de forma semelhante às pilhas alcalinas de manganês, observando-se uma perda de voltagem constante e moderada com o tempo de serviço. No entanto, outros sistemas primários de lítio apresentam descargas estáveis de voltagem e tempos de armazenamento superiores (Dell e Rand, 2001).

### **Zinco-ar**

As pilhas primárias de zinco-ar utilizam o ar existente na atmosfera para produzir energia electroquímica e são utilizadas no formato tipo “botão”, especialmente em aparelhos auxiliares de audição e relógios electrónicos. São semelhantes às pilhas de óxido de prata em aspecto, mas apresentam um orifício para entrada de ar, que é tapado com um adesivo. O adesivo é utilizado para evitar a entrada de dióxido de carbono, devido à consequente reacção com o electrólito, durante o armazenamento, evitando assim perdas de condutividade (Dell e Rand, 2001). O tempo de armazenamento destas pilhas é elevado, chegando aos 5 anos desde que a selagem não seja retirada. No caso de operação, iniciada após a remoção do adesivo, a pilha não dura mais do que três meses, pois está continuamente a utilizar o ar como combustível até descarregar (Crompton, 2000).

Estas pilhas apresentam uma densidade energética e volumétrica superior a qualquer um dos sistemas electroquímicos, incluindo os secundários, o que significa que pode ter volumes e pesos inferiores para as mesmas condições de descarga.

Para além das características das pilhas primárias apresentadas, no Quadro II.5 são igualmente descritas as vantagens, limitações e alguns exemplos gerais de aplicações.

Relativamente às pilhas secundárias, as características dos sistemas mais produzidos para aplicações portáteis podem ser observadas no Quadro II.6.

#### **Níquel/cádmio**

Os acumuladores de níquel/cádmio são bastante utilizados actualmente, por serem relativamente baratos e robustos. Apresentam desvantagens em termos ambientais (devido ao cádmio) e nos efeitos de memória e auto descarga acentuados (Bergveld et al., 2002; Linden, 1984). Estes acumuladores são utilizados em ferramentas eléctricas portáteis, telefones, máquinas de barbear, câmaras de vídeo e produtos áudio portáteis, entre outros.

#### **Níquel/hidreto metálico**

Os acumuladores de níquel/hidreto metálico apresentam uma voltagem semelhante à das pilhas recarregáveis de níquel/cádmio, com a vantagem de terem uma maior densidade energética. São utilizados principalmente em computadores portáteis, telemóveis e máquinas de barbear. Não apresentam o efeito de memória observado pelos acumuladores de níquel/cádmio, mas têm taxas de auto descarga superiores (Bergveld et al., 2002).

#### **Alcalinas de dióxido de manganês recarregáveis**

As pilhas secundárias alcalinas de dióxido de manganês têm um tempo de armazenamento elevado e baixo custo, mas tempo de vida de ciclos baixo e uma capacidade inferior à das pilhas primárias alcalinas de manganês (Bergveld et al., 2002; Pistoia, 2005).

#### **Iões de Lítio**

As pilhas recarregáveis de iões de lítio apresentam voltagens superiores às pilhas primárias e secundárias com ânodos de zinco. A capacidade e densidade energética são muito superiores às dos restantes acumuladores, quer em peso quer em volume, permitindo obter a mesma capacidade durante mais tempo em volumes menores e a pesos inferiores (Bergveld et al., 2002, Kiehne, 2003).

Nas pilhas recarregáveis de iões de lítio/polímero, o electrólito é composto por um polímero com condutividade iónica, que serve também de separador entre os eléctrodos positivo e negativo. O polímero permite a construção destes acumuladores em variadas formas, aumentando a densidade de energia (Bergveld et al., 2002).

#### **Ácidas de chumbo seladas**

As baterias de ácidas de chumbo seladas são também utilizadas em equipamentos portáteis, apresentam baixa capacidade, mas voltagens superiores às dos acumuladores de níquel e custo mais baixo.

Para além das características dos acumuladores descritos, o Quadro II.6 apresenta, também, as vantagens e desvantagens da sua aplicação e as utilizações mais gerais.



Quadro II.5. Características das pilhas primárias mais importantes para equipamentos portáteis (Bergveld et al., 2002; Crompton, 2000; Kiehne, 2003; Linden, 1984; Pistoia, 2005)

Nome comum	Zinco/carbono		Alcalinas/dióxido de manganês		Óxido de prata	Óxido de mercúrio	Lítio/dióxido de manganês		Zinco ar
Designação IEC	R	R	LR	LR	SR	MR/NR	CR		PR
Formato	Cilíndrico	Cilíndrico	Cilíndrico	“Botão”	“Botão”	“Botão”	Cilíndrico	Moeda	“Botão”
Sistema electroquímico	Zinco-dióxido de manganês (carbono) “Pilhas secas Leclanché”	Zinco-dióxido de manganês (carbono) “Heavy duty”	Zinco- alcalina dióxido de manganês (carbono)	Zinco- alcalina dióxido de manganês (carbono)	Zinco-óxido de prata	Zinco-óxido de mercúrio	Lítio-dióxido de manganês	Lítio-dióxido de manganês	Zinco-ar
Ânodo	Zinco	Zinco	Zinco	Zinco	Zinco	Zinco	Lítio	Lítio	Zinco
Cátodo	Dióxido de manganês	Dióxido de manganês	Dióxido de manganês	Dióxido de manganês	Óxido de prata	Óxido de mercúrio	Dióxido de manganês	Dióxido de manganês	Ar
Electrólito	Solução aquosa de cloreto de zinco e cloreto de amónia	Solução aquosa de cloreto de zinco	Solução aquosa de hidróxido de potássio	Solução aquosa de hidróxido de potássio	Solução aquosa de hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio	Solução aquosa de hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio	Sais dissolvidos em solventes orgânicos	Sais dissolvidos em solventes orgânicos	Solução aquosa de hidróxido de potássio
Voltagem nominal (V)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,55	1,35	3,00	3,00	1,40
Densidade de energia (Wh/kg)	(1) 55-77 (2) (-)	(1) 88 (2) 70	(1) 66-99 (2) 110	(1) (-) (2) 90	(1) 110-126 (2) 120	(1) 99-123 (2) (-)	(1) (-) (2) 330	(1) (-) (2) 260	(1) (-) (2) 390
Densidade de energia (Wh/dm <sup>3</sup> )	(1) 120-152 (2) (-)	(1) 183 (2) 150	(1) 122-268 (2) 310	(1) (-) (2) 270	(1) 400-500 (2) 450	(1) 300-500 (2) (-)	(1) (-) (2) 670	(1) (-) (2) 750	(1) (-) (2) 1150
Intervalo de temperatura de operação (°C)	1) -7 a 54 (2) (-)	(1) -18 a 71 (2) -10 a 55	(1) -30 a 54 (2) -20 a 60	(1) (-) (2) -10 a 60	(1) -40 a 54 (2) -10 a 60	(1) -20 a 54 (2) (-)	(1) -54 a 60 (2) -40 a 60	(1) (-) (2) -20 a 85	(1) -29 a 50 (2) -10 a 60
Forma da curva de descarga (ver Figura II.2)	3	3	3	3	1	2	3	3	1
Período armazenamento na prateleira (meses)	18	24	48	(-)	60	36	72	(-)	60
Autodescarga (perda de capacidade por ano a 20°C (%))	6 (por mês)	9 (por mês)	5	(-)	4	4	1	3	(-)
Vantagens	Sem metais pesados, variados formatos e aplicações, custo baixo	Sem metais pesados, capacidade moderada a correntes altas que as de zinco/carbono, custo baixo	Sem metais pesados, bom desempenho para condições de corrente contínua altas, tempo de armazenamento elevado	Sem metais pesados, económicas, quando comparadas com as restantes pilhas tipo “botão”	Curva de descarga moderadamente plana, sem metais pesados em concentrações elevadas, densidade de energia elevada, custo médio	Curva de descarga plana, preço baixo, capacidade de serviço alta, bom desempenho a altas temperaturas	Sem metais pesados, voltagem elevada, tempo de armazenamento elevado, capacidades energéticas e volúmicas superiores às pilhas de zinco, com excepção das pilhas de zinco-ar, tempo de armazenamento em prateleira elevado, curva de descarga pouco estável	Sem metais pesados, voltagem superior, capacidades volúmicas e energéticas superiores às restantes pilhas tipo “botão”, com excepção das de zinco-ar, auto descarga inferior	Sem metais pesados, descarga plana, elevadas densidades de energia específica e volúmica, taxa de auto descarga baixa quando ainda não utilizada
Limitações	Eficiência diminui a correntes altas, baixo desempenho a temperaturas baixas	Menor capacidade que as pilhas alcalinas de manganês	Mais caras que as de zinco carbono, e menos eficientes a baixas correntes	Capacidade baixa	Capacidade elevada	Presença de mercúrio, desempenho inferior a baixas temperaturas	Custo elevado	Custo elevado	Descarga em 3 meses quando operacional, custo alto
Aplicações	Rádios, telefones, brinquedos, luzes de flash, pagers, instrumentos laboratoriais	Leitores de cassetes, calculadoras, brinquedos motorizados, rádios, relógios	Rádios, máquinas de barbear, escovas de dentes eléctricas, máquinas de barbear, brinquedos, televisões portáteis, gravadores de cassetes, walkie talkies, flash para fotografia, e outras aplicações de alta corrente e de taxas de descarga elevadas	Relógios de pulso, calculadoras, brinquedos	Aparelhos auxiliares de audição, instrumentos de medição, relógios de pulso	Televisões portáteis pequenas, rádios, instrumentos de medição, walkie talkies, pagers, aparelhos auxiliares de audição, relógios electrónicos	Equipamentos em que são utilizadas as outras pilhas primárias de formato cilíndrico	Equipamentos em que são utilizadas as outras pilhas tipo “botão”	Aparelhos auxiliares de audição, instrumentos de medição, relógios electrónicos

(1) Crompton (2000); (2) Pistoia (2005)

Quadro II.6. Características das pilhas secundárias mais importantes para equipamentos portáteis (Bergveld et al., 2002; Crompton, 2000; Kiehne, 2003; Linden, 1984; Pistoia, 2005)

Nome comum	Níquel/cádmio	Níquel/hidreto metálico	Iões de lítio	Iões de lítio polímero	Baterias de chumbo seladas	Alcalinas de manganês recarregáveis
Designação IEC	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Formato	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Sistema electroquímico	Níquel/cádmio	Níquel/hidreto metálico	Iões de lítio	Iões de lítio polímero	Ácidas de chumbo	Zinco-dióxido de manganês (carbono)
Ânodo	Cádmio	Liga metálica absorvente de hidrogénio	Carbono	Carbono	Zinco	Zinco
Cátodo	Hidróxido de níquel	Hidróxido de níquel	Óxido de cobalto de lítio	Óxidos metálicos de lítio	Chumbo	Dióxido de manganês
Electrólito	Solução aquosa de hidróxido de potássio	Solução aquosa de hidróxido de potássio	Electrólito orgânico	Polímero	Ácido sulfúrico diluído	Solução aquosa de hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio
Voltagem nominal (V)	1,2	1,2	3,6	3,6	2,0	1,35
Densidade de energia (Wh/kg)	(1) 30-60 (2) 30	(1) 50-90 (2) 80	(1) 90-115 (2) 170	(1) 100-110 (2) (-)	(1) 20-40 (2) 120	(1) 20-85 (2) (-)
Densidade de energia (Wh/dm <sup>3</sup> )	(1) 90-150 (2) 100	(1) 50-90 (2) 260	(1) 200-280 (2) 370	(1) 200-250 (2) (-)	(1) 70-90 (2) 450	(1) 250 (2) (-)
Intervalo de temperatura de operação (°C)	(1) -20 a 50 (2) -20 a 60	(1) -20 a 50 (2) -20 a 60	(1) -20 a 50 (2) -20 a 60	(1) (-) (2) (-)	(1) -30 a 60 (2) -10 a 60	(1) -30 a 50 (2) (-)
Forma da curva de descarga (ver Figura II.2)	I	I	I	I	3	3
Tempo de vida dos ciclos (n.º)	300-700	300-600	500-1000	200	200-500	15-25
Auto-descarga (perda de capacidade por ano a 20°C, %)	10-20	20-30	5-10	I	3-8	0,2
Vantagens	Para utilização intensa, boa resistência mecânica interna, carga rápida, facilidade de reciclagem, custo médio	Sem metais pesados, para utilização intensa, capacidade alta, sem efeito memória	Sem metais pesados, para utilização intensa, voltagem alta, sem efeito de memória, baixa auto descarga e número de ciclos elevado	Sem metais pesados, para utilização intensa, voltagem alta, sem efeito de memória, auto descarga muito baixa, formas variadas	Para utilização intensa, económica, facilidade de reciclagem, baixa taxa de autodescarga, voltagem superior às de níquel, custo baixo	Baixa auto descarga e baixo custo
Limitações	Presença de cádmio, efeito de memória acentuado	Auto descarga mais elevada que as de níquel/cádmio, menos robustas e tempos de carga maiores, custo médio-alto	Taxa de auto descarga superior às de níquel e às de iões de lítio polímero, custo alto	Número de ciclos mais baixo que os restantes, com excepção das alcalinas recarregáveis, custo alto	Presença de chumbo, capacidade inferior às de níquel	Número de ciclos reduzido
Aplicações	Ferramentas eléctricas portáteis, equipamentos eléctricos domésticos, telefones, máquinas de barbear, câmaras de vídeo e produtos áudio portáteis, walkie-talkies, instrumentos médicos	Ferramentas eléctricas portáteis, telefones, equipamentos eléctricos domésticos, máquinas de barbear, câmaras de vídeo e produtos áudio portáteis, walkie-talkies, instrumentos médicos	Computadores portáteis, telemóveis, telefones sem fio, GPS, PDA, câmaras fotográficas, câmaras de vídeo, veículos eléctricos	Computadores portáteis, telemóveis, câmaras de vídeo	Ferramentas eléctricas portáteis, telefones, equipamentos eléctricos domésticos, instrumentos médicos	Equipamentos que utilizem pilhas recarregáveis cilíndricas

(1) Bergveld et al. (2002); (2) Pistoia (2005)



#### II.1.4. Perspectiva do mercado actual e tendências futuras

Tal como já referido, o consumo de P&A tem vindo a aumentar significativamente nos últimos anos, acompanhando os desenvolvimentos de novos produtos eléctricos e electrónicos portáteis. De facto, entre 1998 e 2003, houve um crescimento significativo na venda de P&A, nomeadamente as pilhas primárias que cresceram 18,2% e as pilhas secundárias 12,5% (Pistoia, 2005).

A nível mundial as pilhas primárias são produzidas principalmente por empresas como Energizer, Duracell, Rayovac, Matsushita/Panasonic e PowerPak (Environment Canada, 2007). A venda destas pilhas tem continuado a crescer durante os últimos anos impulsionada pela venda de brinquedos e jogos portáteis, iluminação e comunicações.

Segundo o estudo realizado pela Avicenne Développement, referente às tendências principais do mercado mundial de pilhas recarregáveis no período de 2004-2010, as pilhas primárias e recarregáveis portáteis representavam 53% das pilhas e acumuladores colocados no mercado em 2004 (Figura II.6). Os restantes 47% referem-se às baterias e acumuladores industriais (17%) e de veículos automóveis (30%) (Avicenne, 2005).

Em termos de vendas de pilhas secundárias portáteis, estas dizem respeito vários equipamentos já referidos no capítulo anterior, como ferramentas eléctricas, equipamentos portáteis para fins doméstico e profissional, aparelhos médicos. O mercado dos acumuladores é principalmente dominado pelos produtores japoneses, apesar de nos últimos anos terem vindo a perder mercado para empresas coreanas e chinesas (Avicenne, 2005).

Segundo o estudo da Avicenne, as pilhas primárias mais vendidas nesse ano foram as pilhas alcalinas, incluindo as de formato “botão”, com 61% em peso, como pode ser observado na Figura II.6, seguindo-se as de zinco carbono (manganês), com 25%, e as de lítio incluindo as de formato moeda (12%) e, em menor percentagem, as restantes pilhas (i.e. zinco-ar, óxido de prata). No que se refere às pilhas recarregáveis, 71% das baterias e acumuladores vendidos em 2004 foram de iões de lítio, dos quais 9% na variante polímero. Os restantes acumuladores vendidos foram, em maior percentagem, de níquel/hidreto metálico (16%), seguindo-se os de níquel/cádmio (11%). Estes dois últimos tipos de acumuladores têm vindo a perder mercado para os mais duráveis e leves acumuladores de iões de lítio, cujo preço por densidade de energia tem vindo também a diminuir significativamente (Avicenne, 2005; Pistoia 2005).

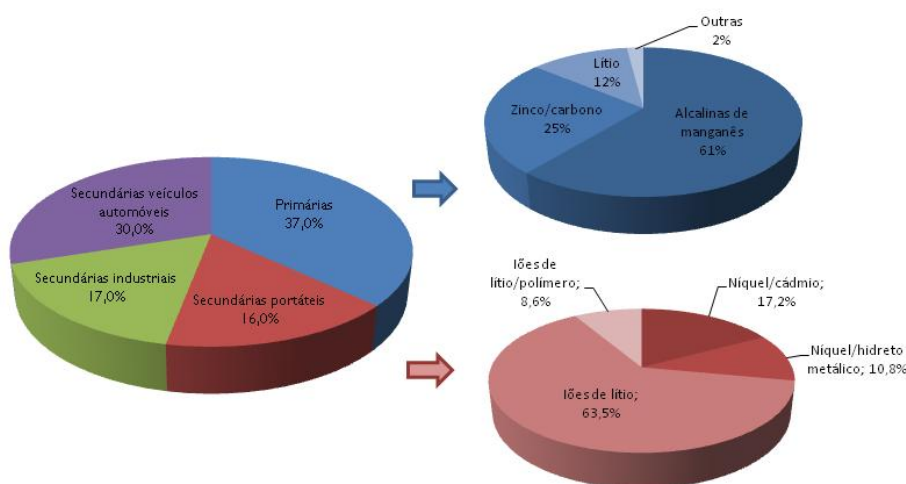


Figura II.6. Mercado mundial das pilhas e acumuladores em 2004, expresso em percentagem de vendas (adaptado de Avicenne, 2005)

No caso dos acumuladores com maior preocupação em termos ambientais (i.e. níquel/cádmio) continuam a ser procurados e utilizados em ferramentas eléctricas, telefones sem fios e equipamentos portáteis audiovisuais, apesar de não serem utilizados em telefones celulares e câmaras de vídeo desde 2002 (Pistoia, 2005). A procura destes acumuladores tem vindo a diminuir de forma mais pronunciada que os de níquel/hidreto metálico. No último caso tem havido um decréscimo na venda destes acumuladores, ao contrário dos de níquel/cádmio cujo mercado tem estabilizado. Em adição, tem vindo a ser observado que os acumuladores de níquel/hidreto metálico não estão a substituir os de níquel/cádmio, devido principalmente à menor robustez, maior taxa de auto descarga e menor número de ciclos de recarga (Avicenne, 2005; Pistoia 2005).

Em 2003, 90% dos acumuladores utilizados em câmaras de vídeo, computadores portáteis e telefones celulares eram de iões de lítio. Estes acumuladores têm também vindo a ser utilizados em aplicações como câmaras fotográficas, jogos portáteis e equipamentos áudio visuais, estando a cada vez a ganhar mais mercado aos acumuladores de níquel (Pistoia, 2005). A variante de acumuladores de iões de lítio com electrólito de polímero tem vindo a aumentar significativamente na ordem do 40% por ano, superior ao crescimento observado para a variante inicial (28%).

A nível europeu, dados disponíveis no estudo realizado para a CE sobre a análise do impacte de certas opções legislativas na revisão da Directiva 91/157/CEE, de 18 de Março, são referentes a 2002. Segundo este estudo foram colocadas no mercado dos 15 países da União Europeia, mais a Suíça e a Noruega, um total de 1.020.000 t de pilhas e acumuladores, das quais 13% portáteis, 70% de acumuladores de veículos e os restantes 17% de acumuladores industriais (CE, 2003a).

Observando a Figura II.7, não é possível comparar directamente com os dados do mercado mundial, uma vez que estes se referem às vendas em valor. Os dados europeus aqui apresentados são expressos em termos de percentagem em peso das vendas realizadas em 2002. Analisando os dados relativos ao mercado europeu, as pilhas de lítio e os acumuladores de iões de lítio apresentam baixos valores, no entanto é de considerar que o peso é, nestes casos, inferior ao dos restantes sistemas químicos, para além do preço que tem vindo a ser cada vez menor. Assim, se os dados fossem apresentados em termos de vendas, quer por unidade ou valor, as pilhas e acumuladores de lítio atingiriam percentagens superiores às observadas na Figura II.7.

Tendo em conta os dados oficiais apresentados, não foram disponibilizados dados referentes à percentagem de vendas das pilhas alcalinas de manganês, no entanto estas pilhas e as de zinco/carbono representam em peso cerca de 99% do mercado de pilhas primárias, atingindo assim 23% do mercado total. Em relação às pilhas secundárias, este estudo incluiu os acumuladores ácidos de chumbo selados, ainda utilizados em alguns equipamentos domésticos e profissionais como ferramentas eléctricas. Em 2002 representavam em peso cerca de 37%, seguindo-se os acumuladores de níquel cádmio (30%), os de níquel/hidreto metálico com 25%, sendo os restantes de iões de lítio (CE, 2003a).

Dados referentes ao ano de 2003, disponibilizados pela European Portable Battery Association (EPBA) que monitoriza e promove os interesses das pilhas e acumuladores e indústrias relacionadas na Europa, são apresentados na Figura II.8, em comparação com os dados referentes às pilhas portáteis vendidas em 2002 atrás apresentados (CE, 2003a; EPBA, 2007). Os dados disponibilizados pela EPBA foram fornecidos pelas empresas produtoras que operam na UE, enquanto que no estudo elaborado para a CE foram compilados através das informações fornecidas pelos EM.

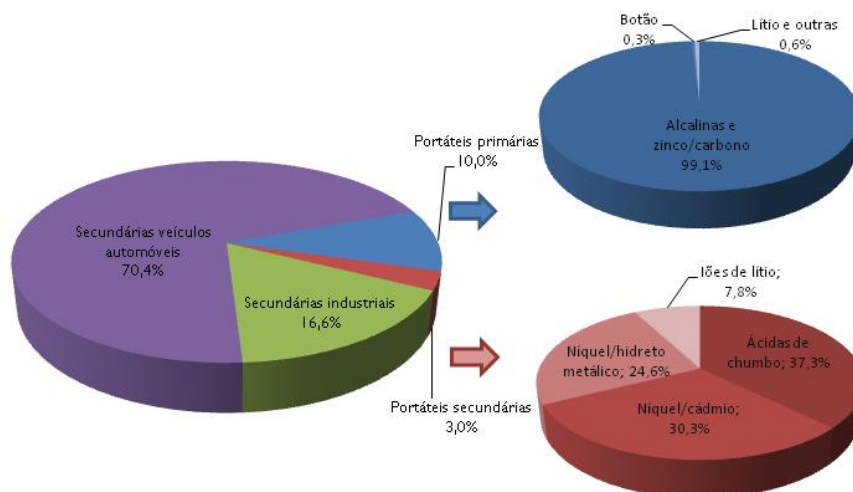


Figura II.7. Mercado europeu das pilhas e acumuladores em 2004, expresso em percentagem de peso (adaptado de CE, 2003a)

No que se refere às pilhas primárias, na Figura II.8 pode-se observar que houve um aumento na venda destas pilhas. De acordo com a EPBA, em termos de valor, em 2003 estas pilhas representavam 89% do mercado, subindo para 90% em 2004, verificando-se neste período um aumento das vendas de pilhas alcalinas e uma diminuição de pilhas de zinco/carbono. No que se refere às pilhas “botão” (i.e. óxido de prata e zinco-ar) e de lítio, observa-se um ligeiro aumento da percentagem em peso em relação a 2002 (Figura II.9). Na mesma figura é possível observar que houve um aumento do vendas em peso de acumuladores de níquel/cádmio e uma consequente diminuição das de níquel/hidreto metálico e de iões de lítio. Novamente salienta-se que, no caso de apresentação dos dados em função do valor das vendas, em vez da quantidade em peso vendidas, a situação alterar-se-ia uma vez que os acumuladores de lítio apresentam um peso muito inferior aos restantes, para a mesma densidade de energia.

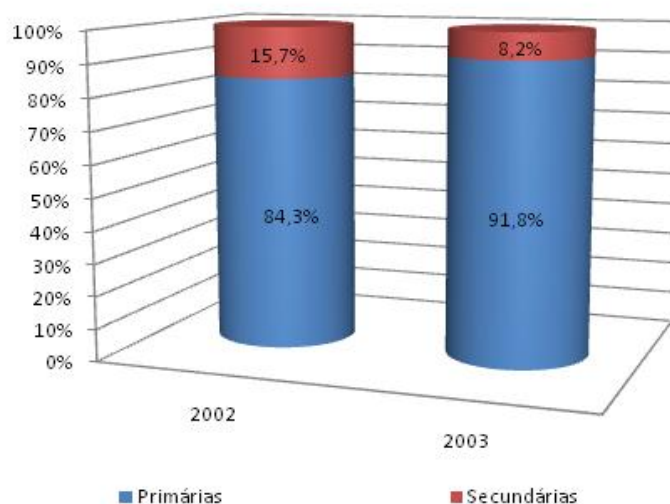


Figura II.8. Mercado europeu das pilhas e acumuladores portáteis em 2002 e 2003, expresso em percentagem de peso (adaptado de CE, 2003a)

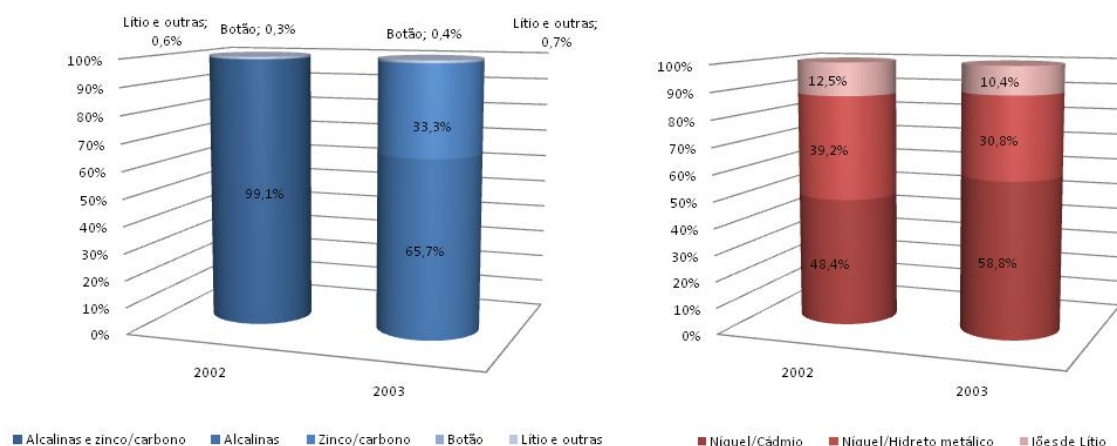


Figura II.9. Mercado europeu das pilhas primárias e secundárias portáteis em 2002 e 2003, expresso em percentagem de peso (adaptado de CE, 2003a)

A evolução da comercialização das P&A nos últimos anos é relevante para conhecer as quantidades que foram utilizadas em equipamentos eléctricos e electrónicos portáteis e, também, a sua composição. Considerando o tempo de vida específico de cada tipo de pilha primária ou secundária, após a compra e utilização, as P&A apenas se tornarão resíduos passado um período de tempo, que pode variar entre os 3 (pilhas primárias) e os 5 e 7 anos (pilhas secundárias) (CE, 2003a). Desta forma, as quantidades a recolher variam em composição no tempo, reflectindo em parte as vendas realizadas anos antes. Em consequência, a composição das P&A vendidos nos últimos anos poderá reflectir parte da composição dos resíduos nos 3 a 7 anos seguintes, e também possíveis tendências de consumo para os diversos sistemas químicos existentes nos anos seguintes.

Alguns países apresentam informação relativa à evolução temporal da comercialização de P&A em termos de composição, por unidades vendidas, peso e, também, em valor das vendas realizadas. O caso português é analisado em maior pormenor no capítulo II.1.8.2. relativo ao consumo de pilhas e acumuladores portáteis em Portugal.

A título de exemplo e de forma a visualizar possíveis semelhanças ou diferenças na evolução temporal da venda de P&A, apresenta-se no Quadro II.7 a população, quantidade vendida de P&A portáteis em alguns países, entre 2003 e 2006, e a respectiva capitação em 2006 (informação recolhida nas respectivas entidades gestoras deste fluxo específico de resíduos). Nas Figura II.10 e Figura II.11 pode visualizar-se a evolução temporal das quantidades de pilhas primárias e secundárias, em unidades, colocadas no mercado para os países analisados (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b).

Pode-se observar no Quadro II.7 e nas Figura II.10 e Figura II.11, que no Japão anualmente são colocadas no mercado cerca de 6 mil milhões de pilhas portáteis, valor muito superior ao dos restantes países. Neste país, as pilhas primárias representam 72% das unidades vendidas em 2006. Nos restantes países considerados esta percentagem varia entre os 89%, no caso da Holanda, e os 97%, no caso da Suíça, o que significa que as pilhas secundárias são mais utilizadas no Japão, possivelmente devido a ser um dos maiores produtores de P&A mundial e também um grande produtor/consumidor de EEE.

Verifica-se em todos os casos que a venda de pilhas primárias tem vindo a diminuir de ano para ano. No caso de Portugal, entre 2005 e 2006, esta percentagem aumentou, possivelmente devido ao

aumento significativo de venda de P&A neste período, quando comparado com a variação das vendas realizadas entre 2004 e 2005.

A capitação de P&A nos países considerados varia entre as 10 e as 20 unidades de P&A vendidas por habitante, chegando a atingir 48 unidades por habitante no caso do Japão.

Quadro II.7. População, quantidade e composição de P&A vendidos entre 2003 e 2006 na Alemanha, Canadá, França, Holanda, Japão, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b)

País	População 2006 (1) (Milhões de habitantes)	2003		2004		2005		2006		Capitação 2006 (unid/ hab)
		Milhões	Pilhas	Milhões	Pilhas	Milhões	Pilhas	Milhões	Pilhas	
		de	de	de	de	de	de	de	de	
		unidades	primárias	unidades	primárias	unidades	primárias	unidades	primárias	
			(%)		(%)		(%)		(%)	
Alemanha(2)	82,4	1.140	91,0%	1.185	91,5%	1.401	91,1%	1.462	90,3%	18
Canadá (3)	33,1	432	95,9%	450	95,6%	479	95,4%	509	95,3%	15
França (4)	66,3	820	94,6%	947	92,8%	1.086	92,5%	1.077	91,7%	16
Holanda (5)	16,5	272	89,7%	317	88,5%	348	88,8%	353	89,3%	21
Japão (6)	127,5	6.160	74,4%	6.058	74,3%	6.055	73,1%	6.132	71,9%	48
Portugal (7)	10,6	(-)	(-)	106	92,4%	106	92,1%	114	92,7%	11
Suíça (8)	7,5	(-)	(-)	(-)	(-)	100	97,4%	113	97,0%	15

(-) Não Disponível; (1) US Census Bureau (2007); (2) EC (2007), GRS (2007); (3) EC (2007); (4) ADEME (2007); (5) STIBAT (2007b); (6) BAJ (2008); (7) Caria, M.J. (2007b); (8) INOBAT (2007)

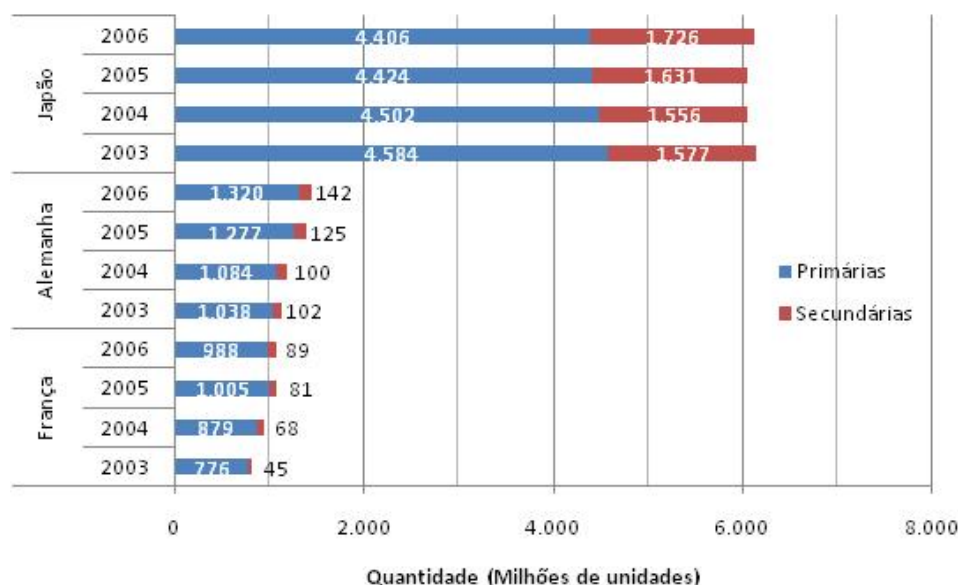


Figura II.10. Quantidade de pilhas e acumuladores, em unidades, vendidas entre 2003 e 2006 na França, Alemanha e Japão (ADEME, 2007; BAJ, 2008; EC, 2007; GRS, 2007)

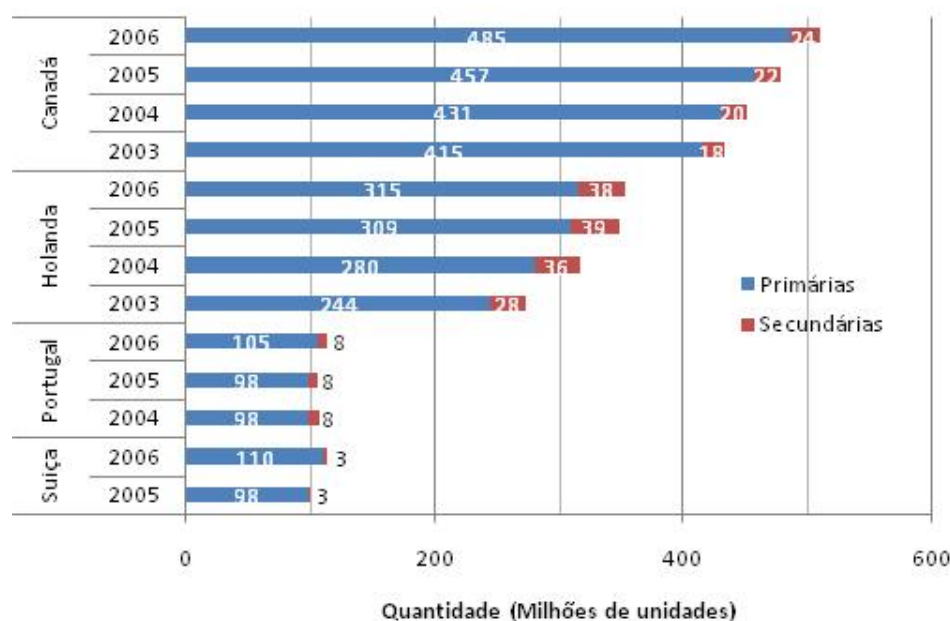


Figura II.11. Quantidade de pilhas e acumuladores, em unidades, vendidas entre 2003 e 2006 no Canadá, Holanda, Portugal e Suíça (Caria, 2007b; EC, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b)

Ao nível das pilhas primárias, e considerando os dados disponíveis, a Figura II.13 apresenta a evolução das vendas dos vários tipos de pilhas existentes em percentagem do total de unidades de pilhas primárias vendidas, entre 2001 e 2006, no Canadá, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b). Pode-se observar que existe novamente uma diferença significativa entre o Japão e os restantes países, nomeadamente na percentagem de pilhas alcalinas de manganês e de pilhas de lítio. Enquanto que nos restantes países considerados, as pilhas alcalinas de manganês representam cerca de 70% das vendas das pilhas primária colocadas no mercado, no Japão este valor é de cerca de 30%, o mesmo que as pilhas de lítio.

Como se pode observar na Figura II.13, no Japão a venda de pilhas alcalinas tem vindo a diminuir, assim como as de zinco/carbono e as de óxido de prata, ao mesmo tempo que as vendas de pilhas de lítio aumentam. Devido ao maior tempo de serviço e densidade de energia, para o mesmo volume e peso, relativamente aos restantes sistemas, em todos os casos considerados a percentagem de vendas de pilhas de lítio tem vindo a aumentar, sendo esta variação mais evidente no Japão onde as pilhas de lítio têm vindo a substituir as pilhas alcalinas, zinco carbono e óxido de prata de forma mais marcada.

Com exceção do Japão, as pilhas alcalinas de manganês representam entre 60% a 85% das vendas de pilhas primárias realizadas nos países considerados, valor que tem vindo a aumentar de ano para ano. Ao nível das pilhas de zinco carbono, devido à menor capacidade e tempo de serviço em relação às alcalinas, a comercialização destas pilhas tem vindo a diminuir, como se pode observar na Figura II.13. O mesmo acontece com as pilhas de óxido de prata, enquanto que a percentagem de vendas das pilhas de zinco-ar e de lítio tem aumentado nos últimos anos, devido às melhores características de operação que fornecem.



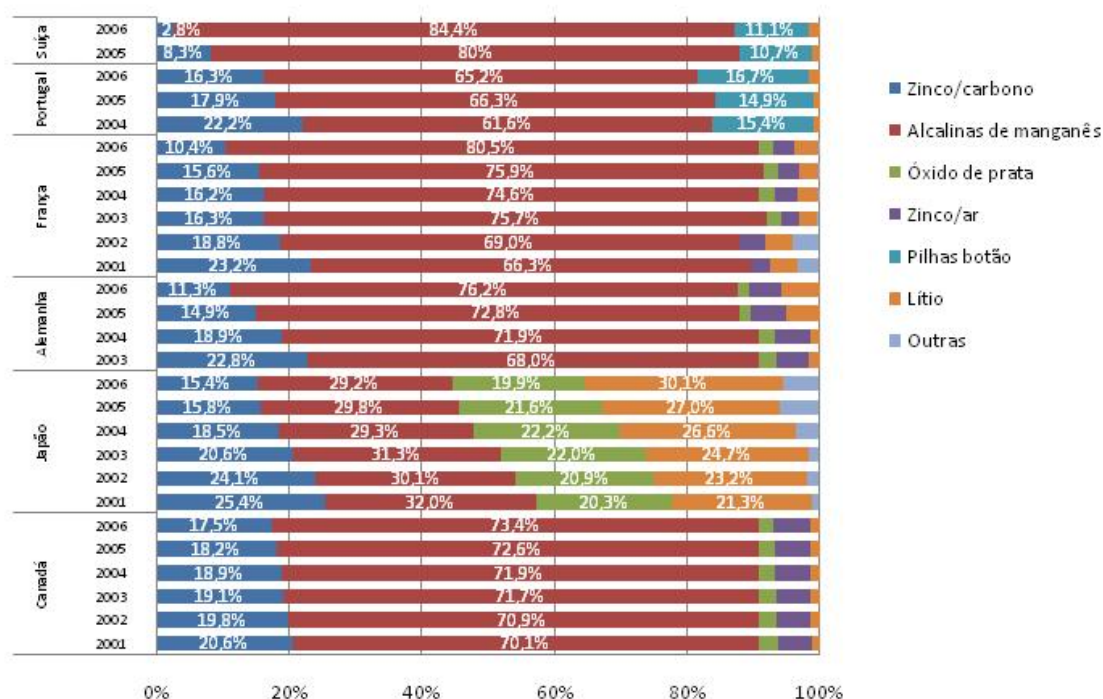


Figura II.12. Evolução das vendas por tipos de pilhas primárias, em percentagem das unidades de pilhas primárias vendidas entre 2001 e 2006 no Canadá, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b)

Em relação às pilhas secundárias, a Figura II.13 apresenta a evolução das vendas por tipos de pilhas secundárias, em percentagem das unidades de pilhas secundárias vendidas, entre 2001 e 2006, no Canadá, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b). Como se pode observar, as diferenças do Japão em relação aos restantes países apresentados, são também bastante significativas no caso das pilhas recarregáveis. Em 2006, os acumuladores de íões de lítio representavam a maior percentagem de unidades vendidas, cerca de 62% das pilhas recarregáveis colocadas no mercado, valor que em 2001 era apenas de 21%. Neste período houve um decréscimo significativo da percentagem de vendas de acumuladores de níquel/cádmio e de níquel/hidreto metálico, que têm vindo a ser substituídas pelos acumuladores de íões de lítio.

Os acumuladores de níquel/cádmio são muito utilizados em alguns países como o Canadá e a França, atingindo em 2006, cerca de 63% no primeiro caso, verificando-se de qualquer modo uma diminuição anual na percentagem de vendas destes acumuladores, em todos os países considerados, estando a ser gradualmente substituídos pelos acumuladores de níquel/hidreto metálico e de íões de lítio. No caso de Portugal, os dados disponibilizados não permitem distinguir as pilhas recarregáveis de níquel/cádmio e de níquel/hidreto metálico, verificando-se no entanto que os acumuladores de íões de lítio são as pilhas secundárias em número mais vendidas. Os acumuladores ácidos de chumbo selados são ainda bastante utilizados, verificando-se igualmente uma diminuição da percentagem de vendas destes acumuladores nos países cujos dados estão disponíveis.

No que se refere às pilhas alcalinas de manganês recarregáveis, a percentagem de vendas é baixa em comparação com os restantes acumuladores. Dados sobre as vendas anuais destas pilhas recarregáveis apenas estão disponíveis no caso alemão. Na Alemanha a percentagem em número destes acumuladores aumentou, atingindo cerca de 1,5% do número de pilhas recarregáveis colocadas no mercado alemão em 2006, sendo o seu uso pouco generalizado na Europa.

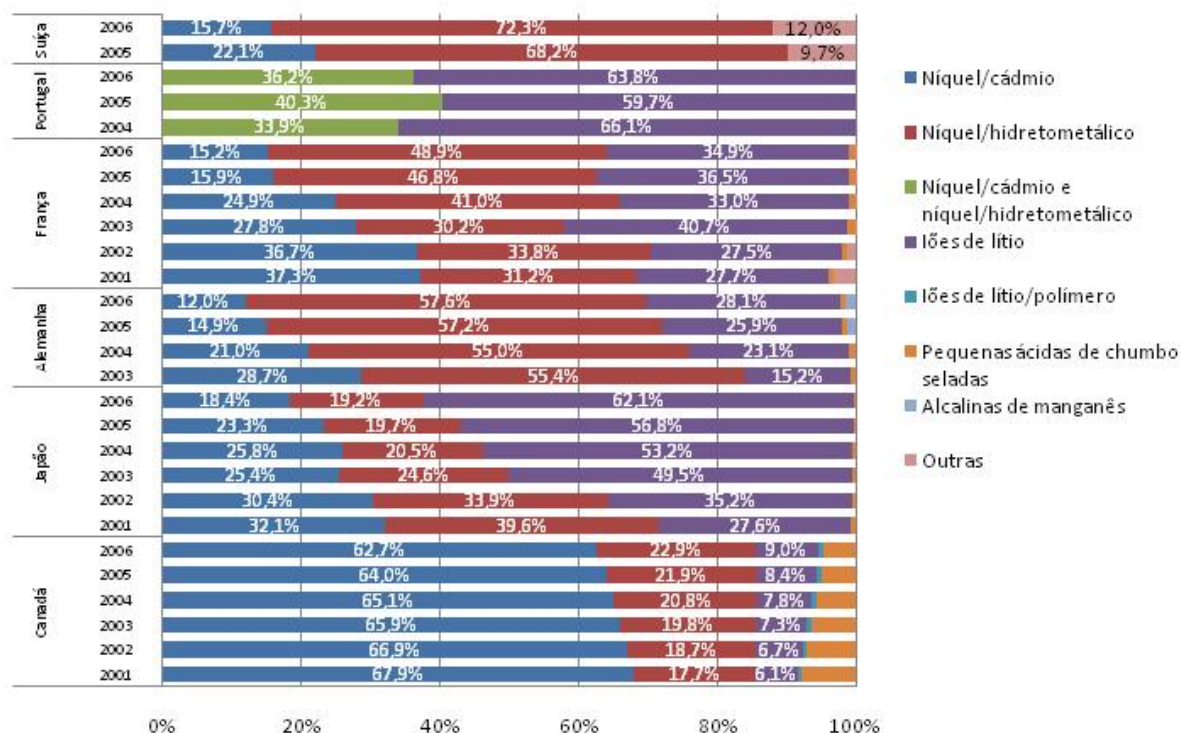


Figura II.13. Evolução das vendas por tipos de pilhas secundárias, em percentagem das unidades de pilhas secundárias vendidas entre 2001 e 2006 no Canadá, Alemanha, Japão, Holanda, Portugal e Suíça (ADEME, 2007; BAJ, 2008; Caria, 2007b; EC, 2007; GRS, 2007; INOBAT, 2007; STIBAT, 2007b)

Atendendo aos dados apresentados, verifica-se que existe uma tendência para um aumento de vendas de P&A portáteis de lítio e iões portáteis e uma diminuição das vendas das P&A de sistemas químicos mais antigos, actualmente ainda muito utilizados, como as pilhas primárias de zinco/carbóno e óxido de prata, e as pilhas recarregáveis de níquel/cádmio e acumuladores ácidos de chumbo selados. O crescimento das vendas de acumuladores de níquel/hidreto metálico aparenta também uma diminuição da percentagem de vendas, devido às vantagens dos novos sistemas secundários de iões de lítio.

No estudo realizado à indústria mundial de P&A pela consultora Freedonia Group, sobre as previsões e tendências do mercado para 2010 e 2015, estima-se um crescimento anual de 6,9% na procura mundial de P&A, atingindo os 73.600 milhões de dólares em 2010. Na Europa Ocidental, EUA e Japão a procura de P&A é prevista aumentar, mas a um ritmo mais lento comparativamente a países como a China, Índia, Coreia do Sul, Indonésia, Polónia, Brasil, África do Sul e Rússia, devido ao período de rápido crescimento económico e industrial que atravessam (Freedonia Group, 2006).

A popularidade atingida pelos EEE portáteis de consumo, como telemóveis e leitores digitais áudio portáteis, entre outros, irão incentivar as vendas mundiais de pilhas recarregáveis de iões de lítio, iões de lítio/polímero e, em menor extensão, os acumuladores de níquel/hidreto metálico. Em 2010 estas pilhas secundárias irão ultrapassar as pilhas primárias e os acumuladores ácidos de chumbo. (Freedonia Group, 2006).

O segmento de mercado que terá maior crescimento será o das pilhas de consumo doméstico e profissional, acompanhando a melhoria das condições económicas mundiais, prevendo-se ultrapassar os segmentos de mercado industrial e de veículos automóveis em 2010.



Ao nível das pilhas primárias o estudo da Freedonia Group (2006) prevê que o mercado das pilhas de zinco/carbono, mais baratas, irá ser gradualmente convertido nas pilhas mais caras, mas mais eficientes, alcalinas de manganês e lítio.

A inovação tecnológica no desenvolvimento de novas fontes de energia portáteis e de novas formas mais pequenas e flexíveis encontra-se neste momento em fase de crescimento como, por exemplo, pilhas de células de combustível e P&A impressos e de filme. A necessidade de maior densidade de energia específica e volúmica, nos EEE portáteis que apresentam cada vez mais componentes eléctricos e em consequência um maior consumo de energia (Pistoia, 2005).

Apesar das P&A ainda serem uma fonte de energia portátil capaz de fornecer energia às recentes tecnologias de consumo portáteis, no futuro, e tendo em conta a procura por equipamentos com maior consumo de energia, novos sistemas terão de surgir. A densidade de energia possível de ser fornecida pelas P&A é um factor limitante no desenvolvimento de equipamentos como os computadores portáteis. Esta necessidade poderá ser respondida pelas células de combustível. Vários protótipos de pilhas de células de combustível estão a ser desenvolvidos actualmente, em aplicações portáteis de consumo como computadores, telemóveis, câmaras de vídeo e ferramentas eléctricas (Agnolucci, 2007; Pistoia, 2005).

As células de combustível são um tipo diferente de fonte de energia. Geram energia eléctrica e calor através de processos electroquímicos de oxidação-redução, combinando um combustível com o oxigénio, sem ocorrência de combustão. As principais diferenças em relação às pilhas primárias e secundárias são que, no primeiro caso, os materiais activos (i.e. fontes de energia) e os eléctrodos (i.e. conversores de energia) estão no mesmo compartimento, enquanto que nas pilhas de combustível, os materiais activos são continuamente fornecidos aos conversores de energia (Pistoia, 2005).

Ao contrário das P&A, que vão perdendo capacidade com o tempo e que no final da descarga têm de ser substituídos e/ou recarregados, as células de combustível não necessitam de ser substituídas nem recarregadas através de electricidade, pelo que poderão ser continuamente utilizadas desde que seja fornecido mais combustível.

Os combustíveis mais utilizados nas células de combustível são o hidrogénio e o metanol, podendo também ser utilizados outros, como o biogás, gás natural e propanol. Ao iniciar a alimentação do combustível, dá-se a produção de energia sobre a forma de electricidade e calor, formando-se água, no caso do hidrogénio, e também dióxido de carbono, no caso do metanol. Os restantes combustíveis necessitam de um pré-tratamento para obter hidrogénio puro antes de entrar nas células de combustível (Pistoia 2005).

Dos vários sistemas existentes, as PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cells*) células de combustível de membrana permutadora de protões, que utilizam o hidrogénio como combustível e uma membrana polimérica como electrólito que permite a rápida transferência dos iões  $H^+$  do ânodo para o cátodo, podendo atingir densidades de energia específica e volúmica de respectivamente 1.000 Wh/kg e 3.000 Wh/L (Pistoia, 2005).

A tecnologia de PEMFC em que o metanol é utilizado directamente, sem pré-tratamento, denomina-se DMFC (*Direct Methanol Fuel Cells*), ou pilhas de combustível de aplicação directa de metanol. Estas PEMFC apresentam densidades superiores podendo chegar aos 6.100Wh/kg e 4.800Wh/L. Quando comparados com os valores apresentados no Quadro II.6. e considerando uma densidade de energia específica máxima de 500 Wh/kg para os acumuladores de iões de lítio, as células de combustível apresentam um nível de energia muito superior ao das P&A (Pistoia, 2005).

Em aplicações em equipamentos portáteis como telemóveis e computadores, as PEMFC duram muito mais tempo que as P&A, necessitando após o consumo de todo o combustível de ser recarregadas novamente. O tempo de recarga dura apenas uns minutos, correspondendo ao tempo necessário para encher o depósito com combustível, uma quantidade muito pequena que terá de ser comprada (Agnolucci, 2007; Pistoia, 2005).

Em aplicações como telemóveis, computadores portáteis e PDA com vários componentes (i.e. áudio e vídeo, wireless internet, televisão), a vantagem de não ser necessário utilizar carregador e/ou em situações em que não é possível ter acesso a uma ficha de electricidade, para o consumidor que prefira pagar uma pequena quantidade de dinheiro por cada recarga, poderá compensar. No entanto, a evolução das vendas destas pilhas está dependente das vendas de equipamentos portáteis de consumo e da opção por esta nova tecnologia ou a tradicional de P&A (Agnolucci, 2007; Pistoia, 2005).

Novas formas de pilhas estão a ser desenvolvidas em formatos flexíveis, através de métodos de impressão em papel ou outros materiais, cujas aplicações se encontram ainda em fase embrionária. A tecnologia de impressão de componentes electrónicos está a ser utilizada ao nível de fontes de energia em aplicações como células fotovoltaicas e P&A. Várias empresas estão actualmente a utilizar processos de impressão de P&A como a Power Paper, Solicore e Thin Battery Technology, com algumas aplicações de sucesso em brinquedos, cartões inteligentes, cartões de lembrança com gravação áudio e adesivos de pele inteligentes, havendo inúmeras possibilidades de aplicações (Ras, 2007).

As tecnologias utilizadas actualmente, como os acumuladores de níquel/hidreto metálico e de iões de lítio, foram resultado de anos de pesquisa, desde a descoberta do conceito até à comercialização. No primeiro caso foram necessários 13 anos, enquanto que as pilhas recarregáveis de iões de lítio demoraram 17 anos (Avicenne Développement, 2006).

O facto de novos desenvolvimentos estarem a ser realizados nos EEE, como componentes electrónicos impressos de papel e menores consumos de energia por parte dos componentes eléctricos já existentes, numa óptica de poupança de energia, a necessidade grandes quantidades de energia poderá não atingir o mercado como seria esperado (Agnolucci, 2007; Pistoia, 2005).

As P&A continuarão a ser utilizadas mundialmente em aplicações tradicionais, com o aumento previsto de vendas, os sistemas primários alcalinos de manganês e de lítio, e secundários como os iões de lítio, do ponto de vista da gestão de P&A usados, serão os mais utilizados em aplicações portáteis devido ao tempo de vida e densidades de energia superiores, o tempo de armazenamento em casa, durante a utilização por parte dos consumidores irá ser superior.

### ***II.1.5. Impacte das pilhas e acumuladores no ambiente e saúde pública***

Dependente do sistema electroquímico, os elementos que compõem as P&A podem trazer efeitos adversos para a saúde humana e para o ambiente, nomeadamente o chumbo, o cádmio, o mercúrio, o níquel, o cobalto, o crómio, o vanádio, o fósforo, o lítio, o cloro, assim como os electrólitos ácidos ou alcalinos, ou ainda os elementos como o arsénio e o antimónio, que podem também ser encontrados (Almeida *et al.*; 2005; Pistoia 2005).

Devido à presença de metais pesados nas P&A, em especial o chumbo, o cádmio e o mercúrio, quando usados e descartados, tornam-se resíduos perigosos com impactes no ambiente e na saúde. De acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER), adoptada pela Decisão n.º 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de Maio, e as posteriores alterações, transposta para o direito nacional pela Portaria

n.º 209/2004, de 3 de Março, entende-se por metal pesado “qualquer composto de antimónio, arsénio, cádmio, crómio (VI), cobre, chumbo, mercúrio, níquel, selénio, telúrio, tálio e estanho, ou estes materiais na forma metálica, desde que classificados como substâncias perigosas”.

As normas de notificação, classificação, embalagem e rotulagem de substâncias perigosas são definidas pelo Decreto-Lei n.º 82/1995, de 22 de Abril, e pela Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro. No Anexo I da Portaria n.º 732-A/96, é apresentada a lista de substâncias consideradas perigosas, harmonizada a nível comunitário, com indicação da natureza dos riscos específicos e conselhos de precaução atribuídos a estas substâncias. Com base no Anexo mencionado, apresenta-se no Quadro VII.I do Anexo A um resumo das substâncias perigosas que poderão estar presentes nas P&A em geral, com indicação da classificação e natureza dos riscos atribuídos. Ainda no Quadro VII.I é também apresentada a informação recolhida de várias fontes relativa à composição, em peso, dos vários tipos de pilhas primárias e secundárias existentes no mercado (Pistoia, 2005; EC, 2007; RECHARGE 2005).

Das substâncias apresentadas, os metais mais preocupantes são o níquel, o cobalto, o cádmio e o chumbo. As pilhas cujos sistemas electroquímicos contêm estes metais em maior percentagem são as recarregáveis, sendo as mais preocupantes os acumuladores de níquel/cádmio e chumbo.

No que se refere ao mercúrio, actualmente encontra-se presente em pequenas quantidades nas P&A, nomeadamente nas pilhas “botão” de zinco-ar e óxido de prata, apesar de já existirem actualmente versões com quantidades ínfimas de mercúrio, como acontece nas pilhas alcalinas de manganês e de zinco/carbono. As pilhas de óxido de mercúrio, não foram incluídas no Quadro VII.I apresentado no Anexo A, pois neste momento já não são comercializadas, devido ao elevado conteúdo de mercúrio, entre 35% e 50% em peso, mas podem, no entanto, ainda estar em utilização (Pistoia, 2005).

O lítio é um metal que reage violentamente com a água, pelo que é necessário tomar precauções no manuseamento e transporte das P&A que contenham este metal. Os acumuladores de iões de lítio apresentam também impactes ambientais e na saúde relacionados com o cobalto e o fósforo, contidos no cátodo e no electrólito, respectivamente. Os acumuladores contendo níquel, apresentam também impactes ambientais e de saúde significativos, devido ao níquel, que é considerado uma substância cancerígena (Pistoia, 2005).

No caso das pilhas salinas e alcalinas, os metais constituintes não são preocupantes em termos de impacto na saúde humana e ambiente, pelo que não são considerados resíduos perigosos quando descartados. No Quadro VII.I são também apresentados os riscos associados aos electrólitos utilizados em P&A alcalinos, no caso do KOH e NaOH e, como electrólito ácido, o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, utilizado nos acumuladores ácidos de chumbo.

No Quadro II.8 são apresentadas a percentagens médias, em peso, de metais presentes nas P&A portáteis, assim como a percentagem em peso de água, baseadas nos valores apresentados no Quadro VII.I do Anexo A.

Relativamente à composição das P&A usados, numa investigação realizada à composição de pilhas alcalinas de manganês usadas, por Almeida *et al.* (2005), foram verificadas algumas discrepâncias na composição determinada neste estudo, quando comparada com os valores disponíveis na literatura e a partir dos produtores, nomeadamente no que se refere às concentrações de chumbo, cádmio e mercúrio, existentes em baixas quantidades nestas pilhas, mas que não são referidos pelos dados do produtor. Almeida *et al.* (2005) concluíram também que as pilhas alcalinas usadas são resíduos extremamente alcalinos, com diversos metais na forma metálica assim como na forma composta, dos quais alguns poderão ser libertados no ambiente durante o processo de eliminação por deposição em aterro ou incineração.

Quadro II.8. Composição média de metais e água em percentagem de peso para os diferentes sistemas químicos de P&A portáteis

Componentes Sistemas químicos	Zinco	Mercúrio	Manganês	Ferro	Alumínio	Prata	Lítio	Cádmio	Níquel	Chumbo	Cobalto	Cobre	Água
Zinco/carbono	22,5%	0,005%	25,0%	20,0%						0,2%			10,0%
Alcalina de Manganês	17,5%	0,005%	30,0%	20,0%									10,0%
Lítio			30,0%	50,0%			2,5%						
Zinco-ar (pilha tipo "botão")	30,0%	2,0%		45,0%									8,0%
Óxido de Prata (pilha tipo "botão")	10,0%	1,0%		40,0%		30,0%							6,0%
Níquel Cádmio				45,0%				17,0%	20,0%		0,5%		10,0%
Níquel Hidreto metálico			5,0%	23,5%	1,3%				50,0%		6,5%		
Iões de Lítio			30,0%	50,0%	15,0%	2,5%					17,0%	15,0%	
Ácidas de Chumbo pequenas seladas									64,0%			17,0%	

De acordo com a LER, os resíduos de P&A são definidos pelos códigos apresentados no Quadro II.9. Em termos gerais, os resíduos deste fluxo específico são definidos no capítulo 16, subcapítulos 06 01 a 06 05. Quando provenientes dos resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), que incluem também as fracções recolhidas selectivamente, os resíduos de P&A são definidos no capítulo 20 pelos subcapítulos 01 33 e 01 34. Os resíduos definidos nos subcapítulos 01 35 e 01 36, referentes a EEE fora de uso poderão também conter pilhas e acumuladores.

Os códigos que são acompanhados por asterisco referem-se a resíduos considerados perigosos, como é o caso dos acumuladores de níquel/cádmio, de chumbo e pilhas que contenham mercúrio. Os restantes sistemas químicos de pilhas e acumuladores, desde que não contenham mercúrio não são considerados perigosos.

No caso de P&A usadas com origem nos resíduos urbanos e equiparados, nos quais se incluem os resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços, desde que com uma quantidade de produção diária inferior a 1.100 l, são considerados perigosos os resíduos de acumuladores de chumbo, níquel/cádmio e pilhas contendo mercúrio, assim como as P&A não triados contendo essas pilhas ou acumuladores. Deste modo, uma mistura de pilhas primárias e secundárias recolhidas selectivamente ou depositadas nos resíduos indiferenciados, composta por pilhas primárias sem mercúrio e acumuladores de iões de lítio, níquel/hidreto metálico, níquel/cádmio ou acumuladores ácidos de chumbo selados, será considerada uma mistura perigosa, devido à presença dos últimos.

Os códigos 20 01 35 e 20 01 36, referentes a EEE usados poderão também conter P&A, no primeiro caso se contiverem acumuladores de níquel/cádmio, de chumbo ou pilhas contendo mercúrio, serão também considerados resíduos perigosos.

Quadro II.9. Diferentes tipos de resíduos de P&A definidos na LER

Capítulo 16	Capítulo 20
16 06 Pilhas e acumuladores:	20 01 33 (*) Pilhas e acumuladores abrangidos em 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 e pilhas e acumuladores não triados contendo essas pilhas ou acumuladores
16 06 01 (*) Acumuladores de chumbo.	20 01 34 Pilhas e acumuladores não abrangidos em 20 01 33
16 06 02 (*) Acumuladores de níquel-cádmio.	20 01 35 (*) Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 contendo componentes perigosos (2)
16 06 03 (*) Pilhas contendo mercúrio.	20 01 36 Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35
16 06 04 Pilhas alcalinas (excepto 16 06 03).	
16 06 05 Outras pilhas e acumuladores	

Do ponto de vista ambiental, os metais pesados são elementos traço (i.e. são libertados do solo, representando uma quantidade abaixo dos 0,1% em massa), com densidades superiores a 5 g/cm<sup>3</sup>, que estão associados com poluição e toxicidade, como o cádmio, o chumbo, o mercúrio e o arsénio. Os elementos traço pesados incluem os micronutrientes necessários aos organismos, em concentrações baixas, nomeadamente o cobalto, o cobre o manganês e zinco. Em relação aos elementos associados à fitotoxicidade e toxicidade animal atrás referidos (i.e. cádmio, chumbo e mercúrio) nenhum é biologicamente essencial aos organismos.

As P&A usados quando depositados no solo, após algum tempo de degradação vão eventualmente libertar os seus elementos componentes, em especial os metais pesados (i.e. cádmio, chumbo e mercúrio) na camada superficial do solo.

Os elementos traço, em especial os metais pesados, estão presentes no solo como compostos solúveis (i.e. iões e complexos metálicos) ou como elementos permutáveis, mas encontram-se principalmente imobilizados e associados a diferentes fracções do solo, como a matéria orgânica, minerais primários residuais, carbonatos, hidróxidos de ferro e manganês (Berthelin, *et al.* 1995).

O destino dos metais pesados no solo é afectado por vários factores, como a adsorção destes elementos nas superfícies dos minerais existentes, precipitação de sais, formação de complexos estáveis com a fracção orgânica e dissolução por reacções de permuta iónica (Adriano, 2001; Berthelin, *et al.* 1995). Fenómenos de bioacumulação e de bioabsorção de metais pesados são observados em condições naturais do solo, em que são retidos e acumulados em grandes quantidades nos organismos vivos e mortos.

Através de vários mecanismos, os microrganismos estão envolvidos nos processos de insolubilidade e de solubilidade de metais pesados no solo e, também, na mobilidade destes componentes do solo para a solução do solo, para as plantas, águas subterrâneas e de forma geral na cadeia alimentar (Berthelin, *et al.* 1995; Naidu, 2001). Para além dos parâmetros físico-químicos do solo e de factores biológicos, como a actividade microbiológica, a solubilidade dos elementos inorgânicos no solo é

também afectada por efeitos meteorológicos e pela formação de depósitos (Adriano, 2001; Berthelin, *et al.* 1995).

Quando depositados na água, os elementos traço, em particular os metais pesados, não existem na forma solúvel durante muito tempo, sendo fixados em substratos orgânicos ou minerais, como a argila, e depositados nos sedimentos ou absorvidos pelos tecidos das raízes das plantas aquáticas. Tal como nos solos, os metais pesados persistem durante muitos anos, podendo ser bioacumulados com efeitos tóxicos, à medida que vão sendo transferidos na cadeia alimentar (Kabata-Pendias, 2001; Perk, 2006; WHO, 1982).

Alguns dos perigos, a curto e longo prazo, para a saúde humana associados ao cádmio, chumbo e mercúrio, são seguidamente apresentados.

### **Cádmio**

O cádmio, tal como o chumbo e o mercúrio, é um metal pesado não essencial às plantas, animais e humanos, mas sim potencialmente tóxico. Acumula-se nos tecidos e é fitotóxico, sendo transferido na cadeia alimentar (Adriano, 2001).

A exposição ao cádmio nos humanos é principalmente baseada na ingestão de alimentos, nomeadamente de vegetais e milho, devido à acumulação do cádmio em solos utilizados para a agricultura. Os fumadores estão também expostos ao cádmio, devido ao mesmo efeito nas plantas do tabaco. Por outro lado a absorção de cádmio é superior por inalação do que oralmente, sendo respectivamente 50% e 5% da quantidade de cádmio inalada ou ingerida (CE, 2002).

Nos humanos, os efeitos agudos (i.e. curto prazo) de exposição por inalação consistem em complicações pulmonares, enquanto que a ingestão poderá provocar uma acumulação deste elemento nos rins e consequentemente doenças renais (CE, 2002; Pistoia, 2005).

O cádmio é considerado uma substância cancerígena. Estudos em animais demonstraram o aumento de incidência de cancro no pulmão, com a exposição a longo prazo (Adriano, 2001; Pistoia, 2005). A International Agency for Research on Cancer (IARC) classifica o cádmio na Categoria I, ou seja, como um agente (mistura) carcinogénico para humanos, podendo provocar cancro do pulmão ou da próstata em exposições prolongadas (CE, 2002). Outros efeitos demonstrados referem-se a danos nos ossos, nomeadamente osteoporose (CE, 2002; Philips e Rainbow, 1994).

O envenenamento provocado pelo cádmio é também conhecido por doença de *itai-itai*. Esta doença foi detectada em 1947, na população envolvente da bacia do rio Jintzu em Toyama, no Japão. O envenenamento foi causado pela descarga no rio de efluentes ricos em cádmio, sem tratamento, provenientes de uma mina de zinco situada a montante. Este acidente de envenenamento da população, apenas foi atribuído como causa da doença alguns anos mais tarde (Philips e Rainbow, 1994; WHO, 1982).

No que se refere ao consumo mundial de cádmio para utilização em acumuladores ou baterias de níquel/cádmio, no ano 2000 representava 73% do consumo de cádmio a nível mundial (ERM, 2006).

### **Chumbo**

O chumbo é relativamente não tóxico para as plantas e para os animais, encontrando-se geralmente imobilizado no solo. Apresenta também baixa bioacumulação e biodisponibilidade, não havendo um aumento da concentração deste metal durante a transferência na cadeia alimentar (Adriano, 2001; CE, 2002; WHO, 1982). A principal fonte de exposição ao chumbo é feita por inalação, assim como, em menor extensão, pela ingestão de alimentos e água contaminados (CE, 2002).

A toxicidade do chumbo é elevada, mesmo em baixas doses. A curto prazo a exposição nos humanos pode provocar lesões cerebrais e renais, assim como perturbações gástricas, enquanto que a longo prazo, poderão resultar em alterações a nível do sangue, do sistema nervoso central e rins e aumento da pressão sanguínea. Os efeitos de exposição nos humanos, são principalmente preocupantes nas crianças, em particular desenvolvimento cognitivo lento, crescimento reduzido e entre outros efeitos adversos (CE, 2002; Pistoia, 2005). Ao nível da reprodução foram também atribuídos efeitos adversos por exposição ao chumbo durante a gravidez (Philips e Rainbow, 1994).

Relativamente ao consumo mundial de chumbo por fonte de utilização, em 1998 os acumuladores e baterias de chumbo representavam cerca de 75% do peso de chumbo consumido nesse ano, valor bastante elevado quando comparado com as restantes utilizações como protecção de cabos, chumbo extrudido, munições, ligas de chumbo, aditivos de petróleo entre outras aplicações (ERM, 2006).

Casos de envenenamento de grupos de população foram registados, cujos sintomas observados incluem desordens do foro cerebral e infecções renais, como nefrite (Philips e Rainbow, 1994).

### **Mercúrio**

As propriedades principais e importantes para a possível exposição humana e ambiental do mercúrio são, por um lado, a volatilidade deste elemento na forma elementar que permite o seu transporte a grandes distâncias e, por outro lado, a forma química ou biológica em metil-mercúrio ou dimetil-mercúrio, respectivamente bioacumulativo e volátil (CE, 2002,; Pistoia, 2005; WHO, 1982).

A exposição principal dos humanos ao mercúrio e metil-mercúrio é através de inalação ou ingestão de alimentos e água contaminados com estes compostos. Ao nível de toxicidade as formas orgânicas apresentam um impacto muito superior do que a forma inorgânica, sendo líder o metil-mercúrio (CE, 2002). Do total de mercúrio existente nos peixes, o metil-mercúrio é a forma existente em maior quantidade nos peixes (CE, 2002; Pistoia 2005; WHO, 1982).

A exposição humana aguda, ou a curto prazo, de elevadas quantidades de metil-mercúrio, pode resultar em efeitos no sistema nervoso central, como surdez, cegueira e distúrbios da fala e, efeitos no sistema cardiovascular, nomeadamente alterações na pressão arterial e no ritmo cardíaco, entre outras doenças cardíacas. Estes efeitos são mais pronunciados na exposição crónica ao metil-mercúrio (EC, 2002; Pistoia 2005).

Um dos primeiros casos a ser documentado em grande escala, de contaminação aquática por elementos traço, ocorreu na baía de Minamata, no Japão, com início em 1953. Após anos de investigação, foi detectado que a principal meio de exposição a humanos, provinha do consumo de peixes e moluscos provenientes da baía de Minamata, contaminados com metil-mercúrio provenientes dos efluentes de uma empresa de produção de petroquímicos e plásticos instalada na localidade. Devido a este acidente ambiental, o envenenamento por mercúrio ou metil-mercúrio foi denominado como doença de Minamata (Philips e Rainbow, 1994; WHO, 1982).

No que se refere às fontes de mercúrio nos resíduos as mais importantes são amálgamas dentais, pilhas, tubos, lâmpadas e termómetros (ERM, 2006).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é um instrumento objectivo utilizado para avaliar o impacto ambiental associado aos sistemas (i.e. produto, processo ou actividade). Esta técnica inclui em primeiro lugar a definição do âmbito e objectivos da análise a efectuar, seguidamente de uma análise ao inventário dos vários estágios, ou unidades processuais, do ciclo de vida do sistema e de uma análise dos impactos ambientais definidos pela quantificação das entradas e saídas de recursos, materiais, energia e emissões de cada estágio. Os dados obtidos são depois interpretados tendo em

conta o âmbito e objectivo do estudo, sendo avaliada a relação entre os diversos estágios e realizada uma análise crítica à ACV definida, que inclui as suas limitações e a definição das condições de utilização dos valores escolhidos e elementos opcionais (ISO 14040, 2006).

O ciclo de vida de uma pilha ou acumulador, desde a produção até à reutilização de materiais reciclados, é apresentado esquematicamente na Figura II.14. De forma genérica, a seguir à produção, as pilhas primárias ou secundárias são vendidas e colocadas no mercado até serem compradas e utilizadas pelo consumidor final. Os resíduos gerados entram posteriormente no mercado de resíduos, sendo recolhidos, triados e encaminhados para estações de reciclagem, onde irão ser sujeitos ao processo de reciclagem respectivo. Deste processo, que apresenta diferentes eficiências dependendo do sistema electroquímico, irão resultar materiais reciclados ou secundários que serão novamente utilizados na produção de novas P&A. O processo de desenvolvimento de novas tecnologias de P&A é também uma parte importante neste processo, na continuação de melhorias nos processos de triagem, reciclagem e de produção de sistemas novos ou mais eficientes, com integração de materiais reciclados.



Figura II.14. Esquema do ciclo de vida de uma pilha (Adaptado de Pistoia, 2005)

Os factores mais importantes na determinação de impacte do ciclo de vida total dos sistemas de P&A aparentam ser a composição das pilhas, a sua eficiência de funcionamento e a escala a que são recicladas após utilização (Pistoia *et al.*, 2001).

O ciclo de vida das P&A segue, de forma geral, vários estágios que deverão ser considerados como os que mais contribuem para os impactes ambientais e na saúde humana. Segundo Pistoia *et al.* (2001) e como se pode observar na Figura II.15, estes estágios compreendem a produção de matérias-primas para serem utilizadas no processo de produção de P&A e baterias respectivas, seguidamente dos distribuição e transporte, uso das P&A, recarga e manutenção (no caso das pilhas recarregáveis) e reciclagem ou outra opção de gestão de resíduos.

No que se refere à análise do inventário de recursos, materiais, energia e emissões do processo total, este envolve a recolha e tratamento de dados para quantificação das entradas e saídas de materiais e energia de cada unidade processual. De forma geral, na Figura II.15 apresenta-se esquematicamente o balanço entre as entradas e saídas, respectivamente do lado esquerdo e direito, para cada um dos estágios definidos. De forma a de reduzir os impactes ambientais e na saúde, as emissões de todas as etapas devem ser reduzidas (Pistoia *et al.*, 2001).





Figura II.15. Análise ao inventário de materiais e emissões para sistemas de P&A (Adaptado de Pistoia *et al.*, 2005)

O consumo de energia e as emissões associadas a cada etapa estabelecerão a carga ambiental de cada tipo de pilha. Assumindo determinados valores para cada um dos tipos de emissões e de consumo de energia, esta carga pode ser convertida numa análise de impacte ambiental e na saúde humana. Estes impactes, analisados para cada sistema, têm de ser normalizados para o tempo total de vida de fornecimento de energia da pilha ou acumulador, devido ao facto de cada sistema químico apresentar valores diferentes desta variável (Pistoia *et al.*, 2001).

As características de funcionamento das P&A, abordadas no Capítulo II.1.2, são importantes na definição dos resíduos perigosos potencialmente produzidos por unidade energia gerada pela pilha ou acumulador, nomeadamente os parâmetros de voltagem nominal, a densidade de energia (Ah), a autodescarga e, o tempo de vida do ciclo de descarga/recarga, no caso dos acumuladores. No caso das pilhas recarregáveis, no seu tempo de vida poderão fornecer a mesma energia que várias pilhas primárias, pelo facto de poderem ser reutilizados após descarga, originando assim, um impacte ambiental e na saúde humana muito inferior ao das pilhas primárias (Pistoia *et al.*, 2001).

Algumas destas etapas consideradas na ACV dos diferentes sistemas de P&A são insignificantes quando comparadas com outras. No caso do transporte de P&A, na ACV de uma pilha, as emissões associadas ao transporte são insignificantes, uma vez que são distribuídas pelos milhares de milhões de P&A que são transportados (Pistoia 2005).

A etapa correspondente ao destino a dar a estes resíduos determina o maior impacte na ACV dos sistemas de P&A, representando, independentemente da opção de eliminação ou valorização, a fase mais crítica na determinação do impacte total ambiental ou na saúde humana (Pistoia, 2005). Considerando por exemplo a opção de eliminação directa no ambiente, após serem utilizadas, as emissões associadas às restantes fases são apenas 1% ou 2% do total das etapas. Na opção de eliminação controlada ou valorização, as emissões e impactes ambientais associados a esta fase serão inferiores (Pistoia, 2005).

O UK Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) comissionou um estudo de ACV referente à gestão de resíduos de P&A. Tendo como base a ISO 14040, a definição de âmbito deste estudo, considerando os objectivos propostos, apenas considerou a etapa referente ao destino final destes resíduos, ou seja, os fluxos de fora para dentro do ambiente, desde o ponto de recolha dos

resíduos de P&A até ao destino final de valorização ou reciclagem. Os fluxos correspondentes às restantes etapas não foram, desta forma considerados, com o objectivo de comparar apenas os benefícios económicos e ambientais em termos de emissões, de vários cenários de combinações de diferentes opções de recolha e reciclagem no Reino Unido, em relação ao cenário base (i.e. envio do total de resíduos para eliminação) (DEFRA, 2006).

Os resultados deste estudo indicaram que no geral, a opção de recolha selectiva e reciclagem de P&A, quando comparada com a incineração ou deposição em aterro, tem maiores benefícios ambientais e sociais, apesar de maiores custos financeiros. De acordo com os cenários analisados, esta opção permite também reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> entre 198 kg e 248 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, por tonelada de resíduos de P&A produzidos (DEFRA, 2006).

De acordo com este estudo e outros autores (Pistoia *et al.*, 2001; Pistoia, 2005), recolher selectivamente e reciclar P&A usados é uma opção que tem efeitos mitigadores nos impactes ambientais e na saúde pública, a nível de toxicidade e emissões, associados a estes resíduos, quando em comparação com as opções de eliminação através de incineração e/ou deposição final em aterro (DEFRA, 2006; Pistoia, 2005). Actualmente, uma melhoria na eficiência dos processos de reciclagem irá permitir um decréscimo significativo no impacte ambiental e de saúde pública associados às pilhas electroquímicas (Pistoia, 2005).

No caso das P&A usadas serem depositadas nos RSU indiferenciados, quando comparadas as opções de eliminação, a incineração encontra-se em último lugar. Quando incineradas numa instalação de tratamento, devido ao facto de as P&A não serem queimadas completamente durante o processo de combustão, irão fazer parte dos resíduos deste processo.

Dependendo das temperaturas verificadas no processo de incineração, os metais pesados voláteis são totalmente ou parcialmente evaporados, condensando posteriormente nas cinzas (Pistoia, 2005; Shapek, 1995). Metais pesados como o chumbo, o cádmio e o mercúrio são voláteis, sendo transferidos dos resíduos para o gás e para as cinzas volantes. São também produzidos resíduos sólidos sob a forma de cinzas de fundo e escórias. As cinzas volantes emitidas são posteriormente filtradas, processo em que serão capturados cerca de 95% dos metais pesados, com excepção do mercúrio. Neste processo as cinzas terão no final de ser depositadas em aterro sanitário. Apesar de neste processo de tratamento, ocorrer uma diminuição o volume de resíduos, as quantidades da maioria dos metais mantém-se igual, nomeadamente o cádmio e o mercúrio, que são concentrados no volume de cinzas após a incineração. No caso do cádmio cerca de 30%.

No caso das pilhas P&A serem depositados nos resíduos sólidos para serem tratados por processos de compostagem, os metais pesados provenientes das pilhas irão diminuir a qualidade do composto final, pelo que se deverá evitar a deposição de P&A em resíduos cujo destino de tratamento seja a valorização orgânica (Tchobanoglous, 1993)

Para além valorização dos resíduos de P&A a opção de eliminação mais provável e também mais utilizada que não impõe imediatamente riscos ambientais ou para saúde humana, é a deposição em aterro. De acordo com Pistoia (2005), citando um estudo realizado pela Universidade de Berna em 1998 aos lixiviados provenientes de aterros sanitários de vários países a nível mundial, antigos aterros sem barreira geológica (i.e. 50 anos), na maioria das amostras recolhidas de águas lixiviantes, os valores de cádmio estariam dentro dos limites impostos pela World Health Organization (WHO).

Relativamente ao mercúrio, Yanase *et al.* (2007) realizaram um estudo com o objectivo de avaliar a movimentação do mercúrio, proveniente de pilhas alcalinas produzidas antes de 1990, que ainda continham quantidades de mercúrio significativas, durante a deposição em aterro. As condições de resíduos depositados em aterro foram simuladas em lisímetros de grande escala, durante um período

de 20 anos, com início em 1985. Os resultados deste estudo indicam que cerca de 95% do mercúrio ainda estaria retido na fase sólida. A concentração de mercúrio perdida através dos lixiviados ou por difusão atmosférica pela superfície do lisímetro, foi apenas entre 0,5% e 1,4% do valor inicial.

Ao nível de opções de gestão de resíduos de P&A, de acordo com a literatura, os impactes ambientais e na saúde pública provocados por estes resíduos serão minimizados através da recolha selectiva e reciclagem. No caso de se optar por eliminação, a deposição em aterro revela-se uma opção que permitirá minimizar estes impactes a curto prazo, quando comparada com a incineração.

## **II.1.6. Política e Legislação sobre Pilhas e Acumuladores**

### **II.1.6.1. Legislação Comunitária**

Na Comunidade Europeia, a gestão de P&A e de P&A usados é actualmente regulada pela Directiva 2006/66/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Setembro de 2006.

O uso de substâncias perigosas nas P&A foi inicialmente limitado pela legislação comunitária anterior, a Directiva do Conselho 91/157/CEE, de 18 de Março, referente às P&A com determinadas substâncias perigosas. Esta Directiva, com as subsequentes adaptações ao progresso técnico através da Directiva 93/86/CEE da Comissão, de 4 de Outubro, e da Directiva 98/101/CEE da Comissão, de 22 de Dezembro, apenas abrangeu uma pequena parte das P&A, (i.e. as pilhas de óxido de mercúrio, de NiCd e de ácidas de chumbo), ficando de fora as restantes.

As directivas referidas alteraram a Directiva 91/157/CEE, com o objectivo de aproximar as legislações dos EM relativas à reciclagem e à eliminação controlada de P&A usados, nomeadamente proibindo a comercialização de P&A que contenham mais de 0,0005% de mercúrio, a partir de 1 de Janeiro de 2000, exigindo aos Estados Membros (EM) a garantia da recolha separada das P&A abrangidos e o estabelecimento de programas quadrienais destinados a reduzir o teor de metais pesados das pilhas e a reduzir gradualmente a sua quantidade no fluxo de resíduos sólidos urbanos. A Directiva nº 93/86/CEE da Comissão, de 4 de Outubro, complementou a Directiva 91/157/CEE do Conselho, de 18 de Março, estabelecendo as modalidades do sistema de marcação previsto no artigo 4º da directiva anterior com indicação da sua recolha separada e do seu teor de metais pesados.

Este facto, bem como a inexistência de metas mínimas de recolha e reciclagem, permitiram que cada EM estabelecesse programas de acção com abrangências diferentes ao nível das P&A, em alguns casos com metas ambiciosas e em outros com ausência das mesmas.

Desta forma a Directiva 91/157/CEE, que proibiu também a colocação no mercado de P&A com quantidades, em peso, superiores a 0,025% de cádmio e 0,4% de chumbo, definiu ainda um sistema de marcação que as identifique como tal e requereu aos EM a implementação de programas de acção relativos à gestão destas P&A. Estes programas teriam como objectivos, a redução da quantidade enviada para eliminação, prevendo a sua recolha selectiva e reciclagem, assim como a promoção de investigação no uso de materiais substitutos menos prejudiciais ao ambiente e de sistemas de reciclagem mais eficientes.

A maioria dos países europeus realiza a recolha de todas as P&A usados, com excepção da Dinamarca e da Noruega, que apenas recolhem as pilhas recarregáveis (EPBA, 2004). A separação das P&A, que contêm determinados teores de mercúrio, cádmio e chumbo, das restantes pilhas e acumuladores, tal como definido na Directiva 91/157/CEE, revelou-se de baixa adesão por parte dos consumidores, devido às dificuldades em distinguir as pilhas electroquímicas com substâncias perigosas das restantes. A experiência demonstrou que a recolha de todas as P&A usados é uma

opção mais eficiente, em termos de quantidades separadas e recolhidas, do que a recolha selectiva só de P&A com determinados teores de metais pesados (CE, 2003b).

A necessidade de revisão da legislação relativa às P&A regulada pela Directiva 91/157/CEE, foi referida no 6º Programa Comunitário de Acção em Matéria de Ambiente e também na Directiva nº 2002/96/CE do Parlamento e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, sobre os REEE.

Em resposta às lacunas existentes na legislação europeia sobre a gestão de P&A e respectivos resíduos, foi criada a Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro, que definiu e uniformizou, a nível comunitário, metas de recolha selectiva e reciclagem para todas as P&A usados, revogando a Directiva 91/157/CEE.

Dentro do novo quadro legislativo regulado pela Directiva 2006/157/CE, todas as P&A usadas são abrangidos, independentemente do teor em substâncias perigosas, devendo os EM ter como objectivo global atingir um elevado nível de reciclagem. Este objectivo deverá ser conseguido através da maximização da recolha selectiva de P&A usados e minimização da eliminação dos mesmos como resíduos urbanos indiferenciados, tomando em conta o impacto ambiental associado ao transporte e, ainda, pelo melhoramento da eficiência ambiental de todos os envolvidos no ciclo de vida de P&A.

O objectivo de reduzir a quantidade de substâncias perigosas, em particular o mercúrio, chumbo e cádmio, depositados no ambiente deverá ser realizado pela redução de utilização destas substâncias na produção de P&A e pelo tratamento e reutilização das quantidades utilizadas.

Tal como já referido, a Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro, diz respeito a todas as P&A, incluindo as P&A utilizadas para efeitos de defesa nacional de cada EM, ou equipamentos desenhados para serem enviados para o espaço, abrangendo deste modo uma variedade de P&A que a anterior Directiva não abrangia.

A Directiva actual proíbe a colocação no mercado dos seguintes tipos de P&A:

- P&A incorporados ou não nos EEE, que contenham mais de 0,0005%, em peso, de mercúrio (com excepção das pilhas “botão”, que têm de conter menos de 2%, em peso);
- P&A portáteis, incluindo os incorporados em EEE, com um conteúdo de cádmio, em peso, superior a 0,002% (com excepção das P&A portáteis para utilização em sistemas de alarme e de emergência, equipamentos médicos e ferramentas eléctricas sem fios).

De forma a garantir que uma proporção elevada de P&A usados sejam reciclados, os EM devem tomar medidas necessárias para promover a recolha selectiva e prevenir que as P&A usados sejam depositados nos RSU indiferenciados. Desta forma, os EM devem tomar medidas para permitir aos utilizadores depositarem as suas P&A usados em pontos de recolha localizados na vizinhança e a entregarem sem despesas as P&A usados nos produtores.

As taxas de recolha impostas pela Directiva para 2012 e 2016 deverão ser, respectivamente, de 25% e 45%. A taxa de recolha deve ser calculada pelos EM pela primeira vez, em relação ao quinto ano completo a seguir à publicação da directiva. O cálculo desta taxa deve ser realizado de acordo com o método previsto no Anexo I da mesma Directiva, que se apresenta no Quadro II.10.

No que se refere às P&A incorporadas em EEE fora de uso, estas devem ser de fácil remoção e em segurança, pelo que os EM que tenham produtores de P&A no seu território, devem garantir que estes desenham os respectivos equipamentos de acordo com esta regulação.

Os EM deverão também garantir que no mínimo a partir de 26 de Setembro de 2009, que as P&A usados deverão ser recolhidos, tratados e reciclados, utilizando as Melhores Técnicas Disponíveis (MTD), tal como definido pela Directiva 96/61/CE do Conselho, de 24 de Setembro de 1996, relativa

à Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP). A reciclagem deve excluir a recuperação de energia, enquanto que o tratamento deve incluir a remoção de todos os fluidos e ácidos, devendo este tratamento e também o armazenamento (incluindo o temporário), ser realizado em locais específicos, com as condições necessárias, nomeadamente superfícies impermeabilizadas e cobertura contra as condições atmosféricas, ou de outro modo, em contentores próprios.

Quadro II.10. Método de cálculo da taxa de recolha (Anexo I da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro)

Ano	Recolha de dados		Cálculo	Obrigatori- dade de rela- tório
X (*) + 1	Vendas no ano 1 (V1)			
X + 2	Vendas no ano 2 (V2)	—	—	
X + 3	Vendas no ano 3 (V3)	Recolha no ano 3 (R3)	Taxa de recolha (TR3) = $3 * R3 / (V1 + V2 + V3)$	
X + 4	Vendas no ano 4 (V4)	Recolha no ano 4 (R4)	Taxa de recolha (TR4) = $3 * R4 / (V2 + V3 + V4)$ (Meta fixada em 25%)	
X + 5	Vendas no ano 5 (V5)	Recolha no ano 5 (R5)	Taxa de recolha (TR5) = $3 * R5 / (V3 + V4 + V5)$	TR4
X + 6	Vendas no ano 6 (V6)	Recolha no ano 6 (R6)	Taxa de recolha (TR6) = $3 * R6 / (V4 + V5 + V6)$	TR5
X + 7	Vendas no ano 7 (V7)	Recolha no ano 7 (R7)	Taxa de recolha (TR7) = $3 * R7 / (V5 + V6 + V7)$	TR6
X + 8	Vendas no ano 8 (V8)	Recolha no ano 8 (R8)	Taxa de recolha (TR8) = $3 * R8 / (V6 + V7 + V8)$ (Meta fixada em 45%)	TR7
X + 9	Vendas no ano 9 (V9)	Recolha no ano 9 (R9)	Taxa de recolha (TR9) = $3 * R9 / (V7 + V8 + V9)$	TR8
X + 10	Vendas no ano 10 (V10)	Recolha no ano 10 (R10)	Taxa de recolha (TR10) = $3 * R10 / (V8 + V9 + V10)$	TR9
X + 11	Etc.	Etc.	Etc.	TR10
Etc.				

(\*) O ano X é o ano que inclui a data referida no artigo 26.º

A reciclagem do conteúdo de P&A, com a inerente recuperação de materiais reutilizados para produção de produtos similares ou outros, terá de atingir as seguintes taxas, até 26 de Setembro de 2011:

- Pelo menos 65% do peso médio das baterias e acumuladores de chumbo, incluindo a reciclagem do conteúdo de chumbo na maior percentagem viável possível;
- 75% do peso médio das baterias e acumuladores de níquel/cádmio, incluindo a reciclagem do conteúdo de cádmio na maior percentagem viável possível;
- Pelo menos 50% do peso médio dos restantes resíduos de pilhas, baterias e acumuladores.

Porém, os EM podem eliminar P&A portáteis recolhidos, isolados ou inseridos em REEE que contenham cádmio, mercúrio ou chumbo, em aterros sanitários ou armazená-los subterraneamente quando não exista um mercado final viável.

Poderão também eliminar as P&A portáteis recolhidos que contenham cádmio, mercúrio ou chumbo, em aterros sanitários ou armazená-los subterraneamente, enquanto parte de uma estratégia para a

eliminação progressiva dos metais pesados que, com base numa avaliação pormenorizada do impacto ambiental, económico e social, demonstre que esta opção de eliminação é preferível à reciclagem.

O tratamento dado às P&A portáteis recolhidos deve preencher os requisitos mínimos previstos na parte A do anexo III da Directiva, devendo os processos de reciclagem atingir os rendimentos de reciclagem e as disposições que lhes dizem respeito, constantes da parte B do anexo III, até 26 de Setembro de 2010, apresentado neste estudo no Anexo B.

No caso de serem recolhidos conjuntamente com REEE, nos termos da Directiva 2002/96/CE, as P&A devem ser retirados dos REEE e recolhidos.

De acordo como Anexo II da Directiva em referência, o símbolo para a marcação de pilhas, acumuladores e baterias de pilhas com vista à recolha selectiva, deverá ser um contentor de lixo com rodas barrado com uma cruz, o qual se apresenta na Figura II.16.



Figura II.16. Símbolo para a marcação de pilhas, acumuladores e baterias de pilhas com vista à recolha selectiva (Anexo II da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro)

No caso de não haver um mercado final para os materiais reciclados, os EM poderão depositar os resíduos de P&A, que contenham mercúrio, chumbo e cádmio, em aterros ou armazenamento subterrâneo. Em relação aos acumuladores de automóveis e industriais estes estão proibidos de serem depositados em aterro ou serem incinerados, com excepção dos resíduos provenientes do tratamento e reciclagem.

O tratamento e a reciclagem dos resíduos de P&A poderão realizar-se fora do país de origem de produção de resíduos, desde que respeitando a legislação europeia sobre movimento transfronteiriço de resíduos.

Em relação à responsabilidade dos operadores económicos, definida no artigo 16º da Directiva 2006/157/CE, os produtores devem suportar e financiar os custos relativos à recolha, tratamento e reciclagem de todos os resíduos de P&A (i.e. automóveis, industriais e portáteis), assim como as campanhas de sensibilização de informação ao público sobre P&A. No caso dos pequenos produtores, este podem ser isentos desta obrigação, desde que não seja impedido o funcionamento dos esquemas de recolha e reciclagem de P&A usados.

No que se refere às campanhas de sensibilização, os utilizadores de P&A podem ser sensibilizados e informados de diversas formas, designadamente:

- Através de campanhas, cobrindo entre outros aspectos os efeitos potenciais para o ambiente e saúde humana das substâncias utilizadas nas P&A e as opções de recolha e reciclagem existentes;
- Através dos distribuidores, de que poderão depositar as P&A usados nos pontos de venda;

- Marcações visíveis, legíveis e indeléveis nas P&A e baterias, com a seguinte informação: o símbolo de um contentor com rodas com uma cruz sobreposta (Anexo II da Directiva); a capacidade da pilha ou acumulador portátil; os símbolos químicos das substâncias perigosas que contêm, no caso do conteúdo em peso de mercúrio ser superior a 0,0005%, superior a 0,002% no caso do cádmio ou superior a 0,004% no caso do chumbo. Nas P&A demasiado pequenas, esta informação deverá ser apresentada na embalagem.

A nível de implementação desta Directiva, os EM devem-na transpor para o direito nacional, o mais tardar até 26 de Setembro de 2008, data a partir da qual a Directiva 91/157/CEE, será revogada.

Os EM deverão até 26 de Setembro de 2012, enviar à Comissão, o primeiro relatório relativo às medidas que foram tomadas, no período de tempo correspondente, para encorajar desenvolvimentos que afectam o impacto das P&A no ambiente e que incluem as técnicas de tratamento e reciclagem. Estes relatórios servirão de base para a publicação, por parte da Comissão, de um relatório sobre a implementação da Directiva e o seu impacto no ambiente e nos mercados internos.

Uma segunda ronda de relatórios deverá ser posteriormente entregue à Comissão pelos EM. Nesta altura, a Comissão irá analisar e rever a Directiva, no sentido de avaliar a adequação das medidas de gestão riscos tomadas, as metas mínimas de recolha e reciclagem obrigatórias e se necessário propor alterações.

De acordo com o Waste Working Group do European Environmental Bureau (EEB) (2007a; 2007b e 2008), actualmente os EM estão a definir internamente a transposição da Directiva para o direito nacional. No caso da Espanha, a Directiva já foi transposta para o direito nacional, no início de Fevereiro de 2008. Relativamente à Dinamarca, encontram-se com dificuldades no cumprimento das metas de reciclagem impostas pela Directiva, alegando não terem vantagens socioeconómicas na reciclagem destes resíduos, dos quais cerca de 90% são actualmente enviados para eliminação.

### **II.1.6.2. Legislação Nacional**

A legislação nacional sobre a gestão de P&A e respectivos resíduos é actualmente regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro.

A Directiva do Conselho 91/157/CEE, de 18 de Março, referente às P&A com determinadas substâncias perigosas e a Directiva da Comissão 93/86/CE, de 4 de Outubro, foram transpostas para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 219/94, de 20 de Agosto.

Tendo em conta a adaptação ao progresso técnico feita pela Directiva 98/101/CEE da Comissão, de 22 de Dezembro, e a necessidade de rever a legislação nacional sobre matéria de gestão de P&A e seus resíduos, o Decreto-Lei n.º 219/94, de 20 de Agosto e demais legislação regulamentar, foram revogados pelo Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, estabelecendo o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de P&A e a gestão de P&A usados.

Apesar da Directiva 91/157/CEE e seguintes adaptações ao progresso técnico, apenas abrangerem as P&A que contenham determinadas concentrações em peso de mercúrio, chumbo ou cádmio, o Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, aplica-se à gestão de todas as P&A colocados no mercado nacional e à gestão de todas as P&A usados, disponíveis para recolha e tratamento pelos sistemas existentes ou a criar para o efeito. No âmbito desta legislação, a gestão de P&A e respectivos resíduos adopta como primeira prioridade a prevenção da produção desses resíduos,

seguida da reciclagem ou outras formas de valorização, de forma a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar.

Neste diploma são definidas as responsabilidades de gestão de P&A e resíduos associados, sendo os operadores económicos co-responsabilizados por esta gestão, tendo igualmente por obrigação recolher as P&A usados sem qualquer encargo para o consumidor final ou último detentor.

As Câmaras Municipais são também responsabilizadas pela recolha dos resíduos urbanos, devendo por isso beneficiar das contrapartidas financeiras que derivem da recolha selectiva das pilhas e outros acumuladores usados. Nos casos em que a responsabilidade da recolha selectiva das P&A é transferida para outrem, as contrapartidas financeiras atrás referidas são devidas a quem assegura a recolha selectiva.

Relativamente aos produtores e importadores, este diploma estabelece a responsabilização da prestação das contrapartidas financeiras atrás referidas, destinadas a suportar os acréscimos de custos com a recolha selectiva de pilhas e outros acumuladores usados. Os produtores e importadores são também responsáveis pela valorização, se tecnicamente viável, ou eliminação de P&A usados, em unidades legalizadas para o efeito.

Segundo o mesmo diploma, os produtores e importadores são obrigados a submeter a gestão das suas P&A e a gestão de P&A usados a um dos dois programas de acção, relativos a acumuladores de veículos, industriais e similares e a pilhas e outros acumuladores. No referente às pilhas e outros acumuladores, o programa de acção estabelece que a responsabilidade dos produtores e importadores pela gestão das P&A usados pode ser transferida para uma entidade gestora devidamente licenciada para exercer essa actividade. No Decreto-Lei n.º 62/2001 é também definido o prazo de 1 de Julho de 2001, para a constituição, licenciamento e operação da entidade gestora.

As restrições à comercialização de P&A estabelecidas, pelo Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, dizem respeito à:

- Proibição da comercialização de P&A que contenham mais de 0,0005% de mercúrio, em peso, independentemente de estarem ou não incorporados em aparelhos, com excepção das pilhas do tipo “botão” e das pilhas compostas de elementos do tipo “botão” com um teor de mercúrio não superior a 2% em peso;
- Proibição da comercialização, pelos produtores e importadores, de qualquer pilha ou acumulador constante do anexo I do referido diploma, que não estejam marcados com um dos símbolos específicos definidos no anexo II do mesmo diploma;
- Marcação das P&A, que deve ser efectuada pelo produtor ou pelo seu mandatário estabelecido em território nacional ou, na sua falta, pelo responsável pela comercialização das P&A no mercado nacional;
- Incorporação de P&A em aparelhos, que só poderá ser realizada na condição de poderem ser facilmente retirados pelo consumidor após utilização, com excepção dos referidos no Anexo III do diploma referido.

De acordo com o Anexo I do Decreto-lei em análise, as P&A contendo substâncias perigosas são as seguintes:

- 1) P&A colocados no mercado a partir de 1 de Janeiro de 1999, e que contenham mais de 0,0005% de mercúrio em peso;
- 2) P&A colocados no mercado a partir de 18 de Setembro de 1992, e que contenham:
  - Mais de 25 mg de mercúrio por elemento, com excepção das pilhas alcalinas de manganês;



- Mais de 0,025% em peso de cádmio;
- Mais de 0,4% em peso de chumbo;

3) Pilhas alcalinas de manganês com mais de 0,025% de mercúrio em peso, colocadas no mercado a partir de 18 de Setembro de 1992.

No Anexo C apresentam-se o sistema de marcação de P&A e a lista das categorias dos aparelhos excluídos do âmbito de aplicação deste diploma.

O Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, estabelece também a criação da Comissão de Acompanhamento da Gestão de Pilhas e Acumuladores (CAPA). Que tem como objectivo zelar pelo cumprimento das disposições referidas no diploma.

Com a publicação do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, que regula as operações de gestão de resíduos a nível nacional, a CAPA deixa de existir. Segundo este diploma, as comissões de acompanhamento relativas à gestão de resíduos constituídas ao abrigo da legislação em vigor e em funcionamento à data da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, são integradas na CAGER (Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos). As competências da CAGER referem-se ao acompanhamento das condições e da evolução do mercado de resíduos, das operações e sistemas de gestão de resíduos e ao desempenho de um papel activo, quer no incentivo ao aproveitamento dos resíduos enquanto matérias-primas secundárias, quer na adopção das novas e melhores tecnologias disponíveis para a sua gestão.

As normas regulamentares de execução técnica previstas no Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, respeitantes ao licenciamento da entidade gestora, aos programas de acção previstos e ao sistema de transmissão de dados estatísticos a comunicar ao Instituto dos Resíduos (INR), actual Agência Portuguesa do Ambiente (APA), encontram-se definidas respectivamente nas Portarias n.º 571/2001, de 6 de Junho e n.º 572/2001, de 6 de Junho e, no Despacho n.º 6493/2002, de 26 de Março.

A Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, aprova os programas de acção relativos a acumuladores de veículos, industriais e similares e as pilhas e outros acumuladores. A principal finalidade destes programas de acção é dar execução ao disposto no artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, nomeadamente no que se refere a:

- 1) Reduzir do teor em metais pesados das P&A;
- 2) Promover da comercialização de P&A contendo quantidades inferiores de substâncias perigosas e ou substâncias poluentes;
- 3) Reduzir progressivamente as P&A usados nos resíduos sólidos urbanos;
- 4) Promover a investigação sobre a redução do teor em substâncias perigosas e sobre a substituição dessas substâncias por outras menos poluentes nas P&A, assim como sobre os sistemas de reciclagem;
- 5) Valorizar e eliminar separadamente as P&A usados.

De acordo com o programa de acção relativo a acumuladores de veículos, industriais e similares, aprovado no Anexo I da referida Portaria, os produtores e importadores devem garantir, o mais tardar até 1 de Julho de 2003, os seguintes objectivos:

- a) A recolha selectiva de, pelo menos, 75%, em peso, da quantidade de acumuladores actualmente colocada no mercado;
- b) A reciclagem de, pelo menos, 75%, em peso, da quantidade recolhida.

A Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, estabelece que estes objectivos deverão sofrer um incremento anual que garanta que até 1 de Julho de 2005 sejam garantidas:

- a) A recolha selectiva de, pelo menos, 85%, em peso, da quantidade de acumuladores actualmente colocada no mercado;
- b) A reciclagem de, pelo menos, 85%, em peso, da quantidade recolhida.

O diploma estabelece também a obrigação dos produtores e importadores em elaborar anualmente um plano de gestão de acumuladores usados, a ser enviado ao INR (APA), nas datas estipuladas no número 3 do Anexo I da referida portaria. Os grossistas e retalhistas ficam também obrigados a comunicar anualmente ao INR (APA) os dados estatísticos definidos na Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, utilizando os modelos que constam no Despacho n.º 6493/2002, de 26 de Março, para o seu preenchimento.

A Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, estabelece ainda que a execução deste programa de acção deve ser coordenada pelo INR (APA) com a CAPA, actual CAGER, prevendo também a aplicação deste programa até 1 de Julho de 2005, após o que será revisto e actualizado.

De acordo com informação disponibilizada ao Instituto dos Resíduos (APA) é estimado que, em Portugal, o mercado potencial de baterias de arranque para automóveis é da ordem dos 1,2 milhões, com um peso médio de 15 kg. Em relação ao mercado potencial de baterias industriais estima-se que seja da ordem das 100 mil, com um peso médio de 20 kg (APA, 2008a).

Segundo a APA (2008a), a informação sobre a colocação no mercado de acumuladores de chumbo bem como da produção de acumuladores de chumbo usados será em breve disponibilizada.

O programa de acção relativo a pilhas e outros acumuladores não abrangidos pelo programa de acção anterior, foi aprovado pela Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, a qual refere que a responsabilidade dos produtores e importadores de pilhas e outros acumuladores usados pode ser transferida para uma entidade gestora, devidamente licenciada. Em alternativa, podem assumir esta obrigação a nível individual, requerendo para o efeito de uma autorização especial do INR (APA), que só poderá ser concedida se garantir, pelo menos, o mesmo nível de resultados.

Assim e, segundo o Anexo II da Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, os objectivos de gestão do programa de acção de gestão de pilhas e outros acumuladores são os seguintes:

- 1) Os produtores e importadores devem garantir o mais tardar até 1 de Julho de 2003, através da entidade gestora:
  - a) A recolha selectiva de, pelo menos, 25%, em peso, da quantidade de P&A actualmente colocada no mercado;
  - b) A reciclagem de, pelo menos, 60%, em peso, da quantidade recolhida.
- 2) Os objectivos previstos nas alíneas anteriores deverão sofrer um incremento anual, para que até 1 de Julho de 2005 sejam garantidas:
  - a) A recolha selectiva de, pelo menos, 50%, em peso, da quantidade de P&A actualmente colocada no mercado;
  - b) A reciclagem de, pelo menos, 75%, em peso, da quantidade recolhida.

Ao nível das regras de gestão do programa de acção para as pilhas e outros acumuladores, a Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, estabelece que nas listas das P&A que poderão ser colocados no mercado, os produtores e importadores são obrigados a discriminar a correspondente contribuição para a entidade gestora, que deverá fazer parte integral do preço das mesmas. Ao longo da cadeia de comércio, também é estabelecido no diploma que, as facturas deverão discriminar o valor global que, em cada transacção, corresponde à contribuição para a entidade gestora, devendo o consumidor final ser informado desta obrigação.

O programa de acção obriga também os municípios a aceitar do consumidor final, livre de encargos, as pilhas e outros acumuladores usados, disponibilizando recipientes na sua área de influência para esse fim e também assegurar criação de um ou mais locais para o armazenamento temporário das P&A usados retomados. O mesmo acontece com os supermercados e hipermercados, no caso do tipo de pilhas e outros acumuladores que comercializem, tendo de disponibilizar igualmente recipientes específicos em locais acessíveis e bem identificados. Os demais retalhistas, deverão também aceitar do consumidor final, as pilhas e outros acumuladores usados, do tipo que comercializam, livre de encargos aquando da venda de P&A.

Do mesmo modo que o programa de acção anterior, a Portaria n.º 572/2001, de 6 de Junho, estabelece que a coordenação da execução deste programa deve ser feita pelo INR (APA) com a colaboração da CAPA, actual CAGER, e que este programa deve ser aplicado até 1 de Julho de 2005, após o que será revisto e actualizado.

A revisão da legislação actual em matéria de P&A e seus resíduos, tem sido adiada, aguardando a publicação da nova directiva sobre gestão de P&A e P&A usados. Com a publicação da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro, a nova legislação nacional sobre a gestão de P&A e de P&A usados, referente à transposição desta Directiva, encontra-se em preparação, devendo ser publicada o mais tardar até 26 de Setembro de 2008.

O PERSU II - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (2007-2016), publicado pela Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, prevê igualmente a revisão desta legislação, salientando também que a gestão dos fluxos específicos de resíduos, do qual fazem parte as P&A usados, contribui para a optimização da gestão dos RSU em todas as vertentes.

No âmbito dos eixos de actuação que devem estruturar e consubstanciar a estratégia do PERSU II, de 2007 a 2016, as linhas de actuação preconizadas no Eixo I enquadram-se na Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem, nas vertentes de redução da quantidade dos resíduos produzidos e de redução da perigosidade dos resíduos, incluindo a redução das denominadas Pequenas Quantidades de Resíduos Perigosos (PQRP) no fluxo dos RSU.

Tendo em conta que a composição dos RSU inclui uma pequena quantidade de resíduos perigosos (entre 5 % a 7 % do peso dos RSU), considerando a Medida 2 do Eixo I (sobre a redução da perigosidade dos resíduos), esta fracção não pode ser negligenciada. Embora se trate de pequenas quantidades, a presença deste tipo de resíduos em outras fracções dos RSU pode afectar o tratamento dos RSU e a qualidade dos materiais valorizados, cada vez com especificações sucessivamente mais exigentes.

As PQRP presentes nos RSU incluem resíduos perigosos que já são alvo de sistemas de gestão específicos, como as P&A usados, os REEE e os resíduos de embalagens (RE) que contiveram produtos perigosos ou que ainda contêm restos desses produtos. Incluem também resíduos perigosos que actualmente não são alvo de qualquer gestão específica como pesticidas, detergentes contendo substâncias perigosas, produtos ácidos ou alcalinos, colas, tintas, vernizes, entre outros.

De acordo com esta medida deve ser projectada uma gestão conjunta deste tipo de resíduos, tal como acontece em alguns países europeus, pois a gestão dos resíduos urbanos perigosos propriamente ditos é indissociável da gestão dos RE em que estes estiveram contidos. Neste sentido, esta gestão deverá ser realizada tanto pela Sociedade Ponto Verde (SPV) como pelos SMAUT ou, se for o caso, uma entidade gestora independente. De qualquer forma, e tendo em conta principalmente o factor económico, a gestão deste tipo de resíduos deve envolver, não um sistema de recolha, mas sim um sistema de entrega, que poderá incluir pontos para entrega de RE que contiveram resíduos perigosos, nomeadamente:

- Nos próprios locais de venda dos produtos;
- Ecocentros;
- Unidades móveis de recolha em locais predefinidos e com calendarização predefinida;
- Outros, adaptados a cada situação.

Pelo facto das P&A poderem ser também depositadas nos RSU incorporadas em REEE, torna-se também necessário referir a definição e a regulamentação do sistema de gestão de EEE e REEE em Portugal.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, os REEE são definidos como todos os resíduos de EEE, incluindo todos os componentes, subconjuntos e consumíveis dos quais fazem parte integrante, no momento em que estes são rejeitados. Entendem-se por este tipo de equipamentos, todos aqueles que estão dependentes de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos para funcionar correctamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos.

Na LER, os REEE encontram-se classificados com no capítulo 16, referente a resíduos não especificados em outros capítulos desta lista, em especial com a sigla 16 02 correspondente a REEE.

Considerando a legislação que regulamenta a gestão deste fluxo específico de resíduos, o Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro (e posterior alteração através do Decreto-Lei n.º 174/2005, de 25 de Outubro), os princípios fundamentais da gestão de EEE e REEE, passam por reduzir a quantidade e nocividades dos REEE a serem geridos, através da prevenção da produção de REEE, da promoção da reutilização, da reciclagem e de outras formas de valorização, bem como pela contribuição para a melhoria do comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida destes equipamentos.

No Anexo I do referido Decreto-lei, são definidas as seguintes dez categorias de EEE:

- 1) Grandes electrodomésticos;
- 2) Pequenos electrodomésticos;
- 3) Equipamentos informáticos e de telecomunicações;
- 4) Equipamentos de consumo;
- 5) Equipamentos de iluminação;
- 6) Ferramentas eléctricas e electrónicas (com excepção de ferramentas industriais fixas e de grandes dimensões);
- 7) Brinquedos e equipamento de desporto e lazer;
- 8) Aparelhos médicos (com excepção de todos os produtos implantados e infectados);
- 9) Instrumentos de monitorização e controlo;
- 10) Distribuidores automáticos.

Na legislação fica estabelecido que a responsabilidade da gestão dos REEE cabe a todos os intervenientes no ciclo de vida do EEE e dos REEE, e que os municípios, sendo responsáveis nos termos da legislação em vigor pela recolha dos resíduos urbanos, devem beneficiar das contrapartidas financeiras necessárias para assegurar a recolha selectiva dos REEE abrangidos pela definição de resíduos urbanos.

A aplicação das medidas e acções preconizadas na legislação nacional, que regula a gestão do fluxo dos REEE, concretizou-se através do licenciamento de duas entidades gestoras: a AMB3E - Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos, e a ERP Portugal - Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos.

Estas entidades gestoras encontram-se licenciadas pelo Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, e pelo Ministro da Economia e da Inovação, com efeitos a partir de 1 de Janeiro de 2006, devendo assegurar os objectivos de gestão de REEE previstos no Decreto-Lei n.º 230/04, de 10 de Dezembro, de acordo com os termos das respectivas licenças até 31 de Dezembro de 2011, com possibilidade de prorrogação por períodos de 5 anos.

Actualmente os sistemas de gestão já estão em operação desde meados de 2007. Em Dezembro desse ano foram instalados pontos de recolha selectiva de REEE em 5 grandes superfícies comerciais. Estes pontos de recolha foram denominados Ponto Electrão e permitem aos detentores de REEE depositarem estes resíduos de forma mais fácil, aproveitando a ida à superfície comercial, em vez de terem que fazer uma deslocação propositada a um ecocentro.

### **II.1.7. Recolha e Reciclagem de Pilhas e Acumuladores**

Tal como referido no capítulo anterior, as P&A usados pelos utilizadores terão como destino final a recolha selectiva ou a eliminação através da deposição nos RSU indiferenciados.

Em 2002, e a nível europeu, apenas 17% das P&A colocados no mercado foram recolhidas separadamente. Considerando que 45,5% foram incineradas ou depositadas em aterro, a quantidade restante de P&A vendidos poderá estar armazenada nos lares dos consumidores (CE, 2003a). A questão crucial no que se refere às P&A portáteis, de utilização doméstica e profissional, prende-se com o conhecimento sobre as quantidades que estarão disponíveis para serem recolhidas selectivamente ou, ainda, que poderão ser encontradas nos RSU indiferenciados.

No que se refere aos RSU, segundo Pistoia (2005), as pilhas mais comuns encontradas nestes resíduos são principalmente pilhas primárias ou secundárias:

- Zinco/carbono (formatos D, C, AA, AAA, 9V);
- Alcalinas de manganês (formatos D, C, AA, AAA, 9V);
- Óxido de mercúrio (formato tipo “botão”);
- Óxido de prata (formato tipo “botão”);
- Zinco-ar (formato tipo “botão”);
- Lítio (formatos C, AA, 9V e baterias de pilhas);
- Níquel/cádmio (formatos D, C, AA, AAA, 9V e baterias de acumuladores);
- Acumuladores ácidos de chumbo pequenos (baterias de acumuladores)

As respostas a estas questões passam pela análise das características operacionais das P&A utilizados pelos consumidores, nomeadamente o tempo de serviço, as condições de operação, a forma de utilização, manutenção e ainda tempo de vida dos ciclos no caso dos acumuladores. No caso das pilhas de primárias, estas poderão ser descarregadas passado pouco tempo de utilização, como é o caso das de zinco-carbono. As pilhas alcalinas de manganês e as de lítio, como apresentam um maior tempo de serviço, poderão demorar mais tempo até estarem inutilizadas e estarem disponíveis para destino final. No caso das pilhas secundárias, o tempo de serviço é bastante superior, como já foi referido no capítulo II.1.3, quer em termos de acumuladores isolados, quer as baterias que se encontrem incorporadas em EEE. Neste último caso, considera-se que quando obsoletos, as baterias permanecem no seu interior, podendo o seu destino ser a deposição em contentores de RSU, a entrega ao fabricante, a deposição em contentores de recolha selectiva ou, ainda, serem armazenados nos lares dos consumidores. Nesta última opção, a pilha ou acumulador contribuem para o fenómeno de armazenamento destes resíduos em casa dos consumidores até ser dado um destino final (Pistoia, 2005).

De acordo com dados de uma investigação levada a cabo na Europa, referida por Pistoia (2005), cerca de 75% das P&A de utilização doméstica estão armazenados nos lares dos consumidores. Os restantes 25% são recolhidos através de resíduos industriais, RSU ou através de sistemas de recolha e reciclagem implementados pelas associações nacionais de recolha e reciclagem deste tipo de resíduos.

O caso mais preocupante refere-se ao facto de após o armazenamento das P&A usados nos lares dos utilizadores, estes serem depositados nos RSU, em que terão como destino final a eliminação, através da deposição em aterro, incineração ou, também, operações de valorização orgânica da fracção fermentável dos RSU indiferenciados que, tal como referido no capítulo II.1.5, têm impactes significativos no ambiente e na saúde humana, quando comparados com as operações de recolha selectiva e reciclagem.

### **Fenómeno de armazenamento e comportamentos dos cidadãos face à separação selectiva de P&A**

De acordo com Martinho (1998), a forma mais eficiente de assegurar uma boa participação dos cidadãos na recolha selectiva dos resíduos que produzem, passa pelo fornecimento de um sistema de deposição conveniente, sendo a conveniência dos utentes um objectivo essencial na gestão eficaz de sistemas de resíduos urbanos. Segundo Almeida (1997), citado por Martinho (1998), quando o sistema presta um serviço que a maioria dos detentores de resíduos pretende e que no geral aceita, esta conveniência torna-se óptima, sendo a melhoria do grau de conveniência conseguida pela aproximação dos utentes ao serviço, influenciando os mesmos através da formação e sensibilização, e fazendo evoluir o serviço prestado. Porém, para fornecer o sistema mais conveniente é necessário conhecer, não só o que os técnicos envolvidos pensam sobre o assunto, mas o que os utentes consideram ser para eles o sistema mais conveniente (Martinho, 1998).

No que se refere ao caso das P&A usados, as implicações do fenómeno de armazenamento das P&A usados em casa dos consumidores são principalmente importantes devido à diminuição da taxa de recolha selectiva destes resíduos, que não evidencia a situação realista referente às P&A vendidas e recolhidas num mesmo ano.

Alguns estudos, como os de CSA-TMO e CollectNica (2002) e Hansmann *et al.* (2005), foram elaborados no sentido de determinar os comportamentos dos utilizadores destes produtos no que se refere à utilização, armazenamento e destino dado às P&A usados.

No estudo realizado para a CollectNica, pela empresa de estudos de mercado CSA-TMO, relativo às motivações para entrega de P&A usados e EEE usados, foram realizadas duas pesquisas, uma na vertente qualitativa e outra na vertente quantitativa, ambas realizadas em 2000.

A pesquisa qualitativa foi realizada em quatro EM da UE (i.e. Bélgica, Holanda, Alemanha e França) utilizando como instrumento de análise grupos de discussão de 10 participantes, em cada país analisado. Os resultados indicam que existe uma tendência geral para um estilo de vida de utilização de EEE portáteis, havendo uma procura crescente por parte dos consumidores. Foi estimada uma quantidade de 4 a 5 EEE presentes, em cada lar, com tendência de crescimento (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

O estudo quantitativo foi realizado em França, utilizando como instrumento de análise um inquérito por questionário realizado face-a-face. A amostra foi composta por 1011 indivíduos seleccionados por forma a obter uma representatividade da população francesa. Neste estudo foram quantificados os EEE e as P&A adquiridos pelos cidadãos franceses nos últimos 15 anos e as quantidades de EEE em

uso, ou não, presentes nos lares dos consumidores, considerando em ambos os casos também as quantidades de segundas baterias compradas à parte para os EEE em questão. Os resultados indicam que cerca de 2765 unidades de EEE e 388 unidades de segundas baterias foram comprados pelos utilizadores nos últimos 15 anos. Em relação aos EEE e segundas baterias que estão armazenadas ou em utilização em casa, cerca de 2630 unidades de EEE estão em utilização ou fora de uso, e no caso das segundas baterias este valor atinge as 239 unidades (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

Este estudo revelou que os consumidores solicitam uma maior informação sobre as P&A, nomeadamente em relação às suas performances. O conhecimento dos consumidores refere-se geralmente apenas à diferença entre pilhas recarregáveis ou não recarregáveis, ignorando o seu modo de funcionamento (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

Em termos de utilização de pilhas recarregáveis ou pilhas primárias, este estudo indicou que existe uma percepção ambiental por parte dos consumidores franceses e alemães, de que as primeiras são menos prejudiciais para o ambiente do que as segundas. Esta percepção é referente à ideia por parte dos utilizadores, de que as pilhas primárias são apenas para uma utilização e que as recarregáveis poderão ser reutilizadas após serem descarregadas. No caso dos consumidores belgas e holandeses esta percepção de potenciais perigos para o ambiente é semelhante para ambos os tipos de pilhas. No caso alemão os consumidores têm a percepção de que as pilhas primárias são mais baratas que as recarregáveis (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

Das 1011 entrevistas realizadas em França, 28% dos inquiridos têm o hábito de depositar as P&A usados nos pontos de recolha, 36% estão disponíveis e preparados para o fazer e 26% apenas disponíveis. Cerca de 10% não têm a preocupação e ou não estão disponíveis para depositar as P&A nos pontos de recolha. Dos entrevistados que estão disponíveis para entregar as P&A usados, apenas o farão com determinadas condições. Cerca de 65% referiram como condição principal a proximidade dos pontos de venda onde poderão entregar as P&A usados e 41% consideram que os produtores deverão pagar um valor de retorno. Cerca de 9% destes inquiridos não está disponível para entregar as P&A usados se a localização dos pontos de recolha não for conveniente (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

Segundo o mesmo estudo, a Bélgica é claramente o país líder na percepção dos consumidores dos programas de recolha e reciclagem, principalmente devido à eficiência das campanhas de sensibilização sobre este tema, aos sacos de papel/plástico distribuídos individualmente por correio, que facilitam a participação dos consumidores e ainda instrumentos de motivação para a recolha selectiva destes resíduos mediante a aplicação de um bónus/lotaria personalizada. Nos restantes países analisados notou-se uma disparidade em termos de regiões na implementação de políticas de recolha de P&A usados, nomeadamente na Alemanha e, no geral, falta de conhecimento da parte dos consumidores, quer sobre a utilização das P&A, quer nas opções disponíveis para depositarem as P&A usados em pontos de recolha específicos (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

No que se refere às regras para conhecimento dos consumidores, de forma a assegurar a sua activa participação na recolha de pilhas primárias, este estudo indica a importância da informação e da educação dos consumidores sobre esta matéria, assim como a utilização de mensagens simples que refiram a deposição selectiva de todas as P&A usadas, evitando assim confusões da parte dos consumidores, assim como a proximidade dos pontos de recolha em termos de distância e tempo necessário, enfatizando também as motivações pessoais dos indivíduos. O objectivo passa por uma percepção por parte dos consumidores, da relação entre o comportamento individual e os resultados a nível nacional (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

Em relação às barreiras ou constrangimentos para a entrega de P&A usados e REEE portáteis de forma selectiva, as principais razões referidas pelos consumidores entrevistados em França, estão

relacionadas com a distância aos pontos de venda (38%), o facto de poderem ser reutilizados (22%), a localização pouco conveniente dos pontos de recolha (20%) e a falta de retorno monetário por parte dos produtores, pela entrega destes resíduos (14%). As restantes barreiras referidas pelos consumidores são a falta de motivação (9%), o potencial valor residual do equipamento (9%) e o armazenamento em casa destes equipamentos usados, devido ao valor sentimental ou de antiguidade que têm para os consumidores (5%). As restantes razões estão relacionadas com o desconhecimento do local onde adquiriram os equipamentos (2%), o pagamento de taxas de resíduos (2%), a compra dos equipamentos via Internet (1%), as diferentes localizações dos pontos de recolha e de venda (1%), entre outras (3%) (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

Para além do facto detectado de que os REEE portáteis e as P&A são de difícil encaminhamento selectivo por parte dos consumidores, o que provoca uma acumulação anual cada vez maior destes equipamentos usados nos lares dos consumidores, este estudo indica que em ambos os casos devem ser aplicadas as regras atrás referidas, assim como uma maior clareza nos aspectos legais de gestão destes equipamentos e respectivos resíduos, apresentados às autoridades e cidadãos e ainda, tomar em conta que as dimensões emocionais, económicas e práticas do valor residual destes equipamentos usados podem ser utilizados para motivar os consumidores a participar nos sistemas de recolha de REEE e P&A usados (CSA-TMO e CollectNica, 2002).

O outro estudo, realizado por Hansmann *et al.* (2005), debruça-se sobre as justificações e auto-organização como determinantes no comportamento de reciclagem, aplicado ao caso das P&A usados na Suíça. Nesta investigação utilizou-se como instrumento de análise inquéritos por questionário enviados por correio a uma amostra de 1000 indivíduos, tendo-se obtido uma taxa de participação significativa de 64,4%. Este estudo sugere que os modelos de comportamento para a reciclagem devem considerar a auto-organização dos lares e possíveis justificações para não reciclar, uma vez que o estudo indica que estas variáveis estão correlacionadas com a razões inerentes a não reciclar.

### **Recolha e reciclagem de P&A usados**

Diferentes tipos de P&A portáteis usados são depositados pelos detentores nos pontos de recolha específicos. Esta mistura de P&A de diferentes sistemas químicos e formatos é posteriormente recolhida, necessitando de uma triagem antes de serem encaminhados para reciclagem. No caso das P&A contidas nos REEE, esta fase de triagem pode ser passada, sendo as P&A usados removidos dos REEE durante o processo de reciclagem e posteriormente encaminhadas para o sistema de reciclagem específico.

A triagem de P&A portáteis soltos, poderá ser realizada manualmente ou mediante um sistema automático. No caso da triagem manual, esta poderá ser realizada com imprecisão e consumir muito tempo, apresentando-se no entanto como uma solução viável nos casos em que a quantidade recolhida não seja significativa.

No caso da triagem automática, a precisão da separação dos diferentes sistemas químicos assenta nas diferentes propriedades químicas e físicas de cada pilha, acumulador e bateria recolhidos selectivamente. Estas propriedades podem ser analisadas através de diferentes combinações de forma a separá-las de acordo com os diferentes sistemas químicos, sendo actualmente possível diferenciar as pilhas alcalinas ou de zinco-carbono que contenham quantidades elevadas de mercúrio (Pistoia, 2005). O baixo custo e a velocidade de separação são factores essenciais nas operações realizadas nas estações de triagem. Os processos de separação automática envolvem sensores electromagnéticos que conseguem determinar a voltagem e ou a frequência de resposta de cada pilha ou acumulador. Detectores de ultravioleta (UV) são também utilizados para diferenciar as pilhas sem mercúrio, que apresentam uma marcação UV na etiqueta das mesmas. Este processo permite que as



pilhas que não contenham mercúrio sejam encaminhadas para processos de reciclagem menos tolerantes ao mercúrio. Nestes processos de triagem automáticos, a separação efectuada é bastante positiva, sendo a taxa de contaminação das fracções separadas mínima (Pistoia, 2005).

No âmbito da legislação nacional (Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro) descrita no capítulo anterior, a reciclagem destes resíduos é definida como o reprocessamento de P&A usados num processo de produção, para o fim inicial ou para outros fins, excluindo a valorização energética.

Os processos de reciclagem de P&A usados podem ser em geral agrupados nas seguintes categorias, dependendo do processo utilizado:

- Hidrometalúrgicos;
- Pirometalúrgicos
- Destilação de mercúrio.

Os processos hidrometalúrgicos referem-se ao processamento aquoso dos metais presentes nas P&A usados e diferem dos processos pirometalúrgicos pois têm como objectivo obter um produto final de valor económico elevado, para ser mais tarde refinado e utilizado por outra indústria (Pistoia, 2005). Este processo envolve uma etapa mecânica de moagem das P&A a fim separar os metais, o papel, o plástico e a massa preta. Esta massa preta é seguidamente processada quimicamente para produzir uma solução, que é depois submetida a electrólise, ou a outro tratamento, a fim de separar os metais dissolvidos.

Diversas empresas na UE realizam actualmente o processamento hidrometalúrgico para reciclar P&A ou baterias alcalinas de manganês, zinco-carbono e zinco-ar ou ainda de iões de lítio, como a Recupyl (França), Eurodieuze (França) e Revatech (Bélgica) (ERM, 2006).

No processo pirometalúrgico, após a moagem, o ferro é separado magneticamente, sendo os restantes metais separados tendo em conta os diferentes pontos de fusão. Uma queima inicial, entre os 400 °C e os 750° C, permite a total recuperação do mercúrio e do zinco nos gases de saída, para serem posteriormente vendidos.

Após aquecimento do resíduo acima dos 1000 °C com um agente redutor, ocorre nesta fase a reciclagem do manganésio e de mais algum zinco. Este processo térmico consiste em evaporar, à temperatura precisa, cada metal para ser posteriormente recuperado, por condensação.

### **Recolha e reciclagem de pilhas e acumuladores na União Europeia**

De acordo com a EPBA, em 2005 foram recolhidas 30.200 mil toneladas de P&A usados (Corepile, 2006). Como se pode observar na Figura II.17, a recolha de P&A usados na UE tem vindo progressivamente a aumentar, atingindo um crescimento de 34% de 2004 para 2005.

No mesmo ano, a taxa de recolha média europeia atingiu os 31%, tendo sido vendidas cerca de 9.500 mil toneladas de P&A. Na Figura II.18 apresenta-se as quantidades recolhidas e as respectivas taxas de recolha atingidas em alguns países da EU em 2005. Como se pode observar, os países que recolheram mais quantidades de P&A usados, em 2005, foram a Alemanha e a França, com cerca de 12,1 e 9 milhões de toneladas, respectivamente. Em relação à taxa de recolha, a Bélgica lidera com 53% das P&A usadas recolhidas, apresentando-se Portugal em 6.º lugar, com 16%.

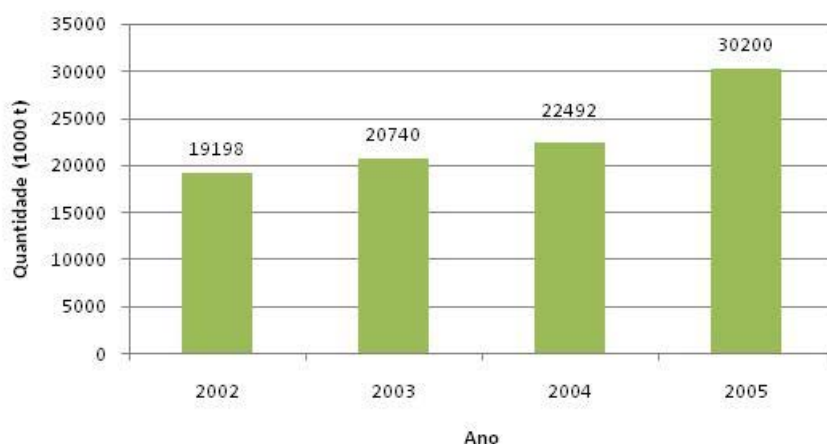


Figura II.17. Histórico da recolha de P&A na UE, em milhares de toneladas (Corepile, 2007)

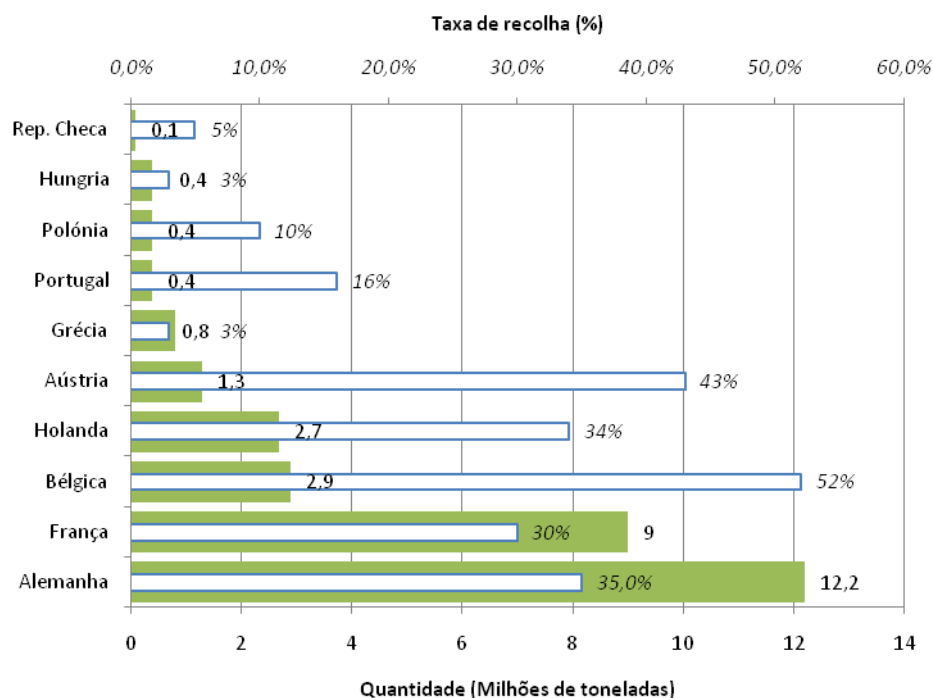


Figura II.18. Quantidades recolhidas e taxas de recolha de P&A em vários países da EU em 2005 (Corepile, 2007)

No que se refere às quantidades de pilhas portáteis recicladas pelos membros da EBRA, em 2006, em toneladas, pode-se observar na Figura II.19 que a Alemanha e a França reciclaram respectivamente 29,2 % e 29,4% das P&A usados recicladas a nível europeu em 2006 (ADEME, 2007)

Em termos de sistemas químicos, na Figura II.20 apresenta-se a percentagem de P&A reciclados em 2006, pelos países apresentados na Figura II.19 (ADEME, 2007). Das P&A usados reciclados em 2006, 87,2% em peso foram pilhas primárias alcalinas de manganês, zinco-carbono e zinco-ar, representando as restantes pilhas primárias do tipo “botão” e de lítio apenas 0,2% e 1,0% respectivamente. A reciclagem de acumuladores representou apenas 12,6% do total de P&A usados reciclados, das quais 62% de níquel/cádmio. Em relação aos acumuladores de níquel/hidreto metálico

e iões de lítio, representaram cerca de 1,9% e 1,8% em peso das P&A recicladas no ano em referência.

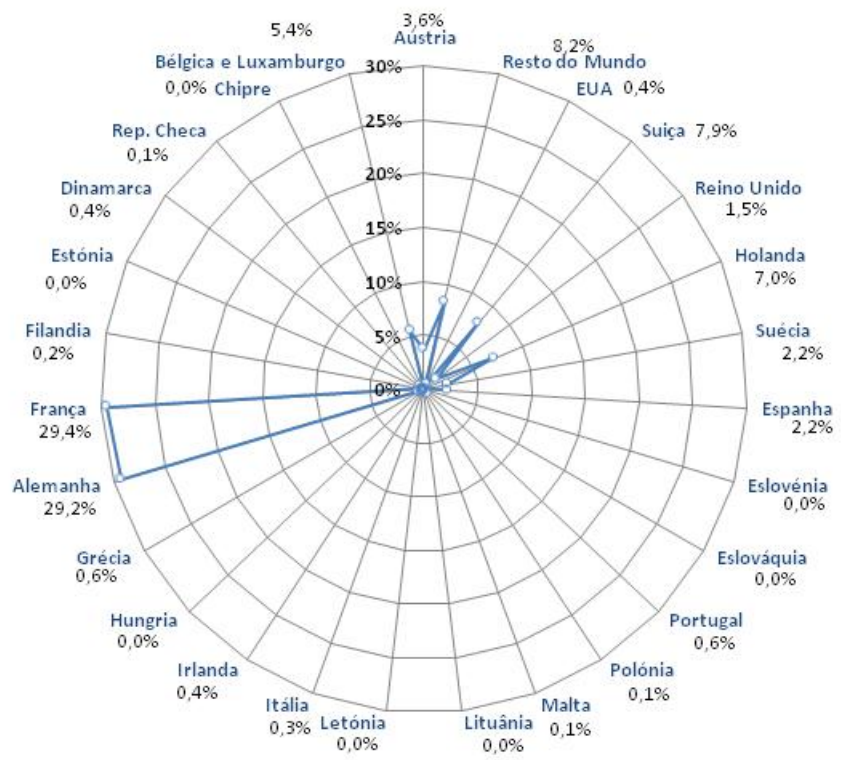


Figura II.19. Quantidades de pilhas portáteis recicladas em 2006 pelos membros da EBRA, em toneladas, por país de origem (Adaptado de ADEME, 2007)

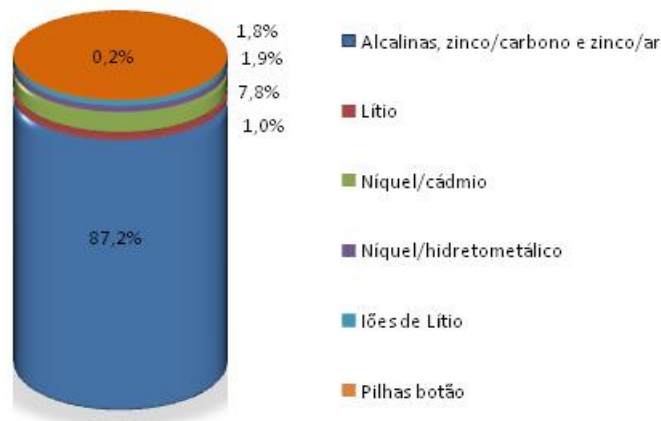


Figura II.20. Quantidades de pilhas portáteis recicladas em 2006 pelos membros da EBRA, em toneladas, por tipo de pilha ou acumulador (Adaptado de ADEME, 2007)

## Quantidade de P&A usados nos RSU

Considerando que a taxa de recolha média de P&A usados europeia foi de 31% em 2005, então os restantes 69% encontram-se ou em utilização nos EEE, ou armazenados em casa dos consumidores para posterior deposição selectiva ou são depositados nos RSU indiferenciados.

Dados relativos às quantidades de P&A em utilização ou armazenados são escassos. No que se refere às quantidades de P&A usados nos RSU, vários estudos foram realizados em alguns países europeus de forma a quantificar e caracterizar a presença destes resíduos nos RSU (RECHARGE, 2005). No Quadro II.11 apresenta-se um resumo das quantidades de P&A, expressas em peso húmido referentes à avaliação quantitativa de P&A usados nos RSU, em países com esquemas de recolha destes resíduos a funcionar há vários anos. Os resultados apresentados são representativos apenas para os países em questão (RECHARGE, 2005).

Nas três primeiras campanhas de caracterização de RSU apresentadas foram amostradas quantidades significativas de RSU (entre 8.000 e 10.000 t), enquanto que nas restantes a quantidade amostrada máxima atingiu as 400 t. As campanhas apresentadas foram realizadas através de análise estatística a partir de uma metodologia de amostragem, não sendo fornecidos dados relativos às metodologias de amostragem utilizadas, sendo a quantificação de acumuladores de chumbo limitada (RECHARGE, 2005).

De acordo com a RECHARGE (2005), os resultados apresentados devem ser observados como aproximações, porém estão de acordo com as quotas de mercado dos vários tipos de sistemas químicos das P&A vendidos no período em referência.

Nas primeiras três campanhas realizadas na Holanda e França, as pilhas recarregáveis mais problemáticas em termos ambientais e de saúde pública, as pilhas de níquel/cádmio, representam apenas entre 2,1 a 9,0 g/t de RSU, enquanto que as pilhas primárias variam entre as 105,0 e 179,0 g/t de RSU.

Quadro II.11. Campanhas de caracterização e quantificação de RSU realizadas para quantificação do peso húmido de pilhas primárias e secundárias, por tonelada de RSU (adaptado de RECHARGE, 2005)

País	Ano	Pilhas primárias nos RSU em peso húmido (g/t RSU)	Acumuladores de níquel/cádmio nos RSU em peso húmido (g/t RSU)	Acumuladores de níquel/hidreto metálico nos RSU em peso húmido (g/t RSU)	Acumuladores ácidos de chumbo nos RSU em peso húmido (g/t RSU)	Quantidade de RSU amostrada (t)	Fonte
Holanda	1998	170	8,0	(-)	(n.d.)	10.000	STIBAT
Holanda	2000	160	9,0	0,3	(n.d.)	10.000	STIBAT
França	1999	105	2,1	0,1	3,7	8.000	SCRELEC
Áustria	2000	230	11,0	(n.d.)	(n.d.)	377	UBF
Bélgica	2004	250		6,5		133	BEBAT
Alemanha	2000	370	23,0	(n.d.)	(n.d.)	400	GRS
Suécia	1996	100-200	13,2	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	RVF

(n.d.) Não disponível

Considerando o Quadro II.8, referente à composição de metais nos diversos tipos de pilhas existentes, a percentagem em peso de cádmio nestas pilhas secundárias é, em média, de 17%, apresentando uma humidade de 10%, pelo que 2,0 g/t de RSU de acumuladores de níquel/cádmio,

equivalem a 0,30 g/t de RSU, em peso húmido ( $2,00 \times 0,17 \times 0,90$ ). Realizando o mesmo cálculo para 9,00 g/t de RSU, em peso húmido, a quantidade de cádmio presente nos RSU atinge as 1,40 g/t de RSU, em peso húmido.

No caso do níquel as quantidades deste metal nos RSU, presentes respectivamente nos acumuladores de níquel/cádmio e níquel/hidreto metálico, variam entre 0,40 g e 1,70 g de níquel/t no primeiro caso, e entre 0,05 g e 0,15 g de níquel/t de RSU em peso húmido, no segundo caso. Em relação aos acumuladores de chumbo, a quantidade de chumbo por tonelada de RSU, em peso húmido, atinge as 0,74 g.

Os estudos apresentados no Quadro II.11 indicam que a fracção de pilhas primárias varia entre 105 g/t a 170 g/t de RSU, em peso húmido.

De acordo a RECHARGE (2005), e tendo por base um estudo realizado na Alemanha por Allgaier e de Stegmann (2004) aos resultados relatados de Witzhausen (2001), as pilhas primárias consistem principalmente de pilhas de zinco/carbono (48% em média) e de pilhas alcalinas de manganês (43% em média) (Figura II.21).

Assim, seguindo o cálculo realizado atrás, a quantidade de zinco por tonelada de RSU, em peso húmido, referente às pilhas primárias de zinco carbono e alcalinas de manganês será, no primeiro caso, entre 10,21 g/t e 16,52 g/t de RSU em peso húmido e, no segundo caso entre 7,11 g/t e 11,51 g/t de RSU, em peso húmido. Desta forma, a quantidade de zinco por tonelada de RSU, em peso húmido, referente às pilhas primárias mais representativas da composição de pilhas nos RSU, para as três principais campanhas relatadas, varia entre as 17, 32 g e as 28,03 g.

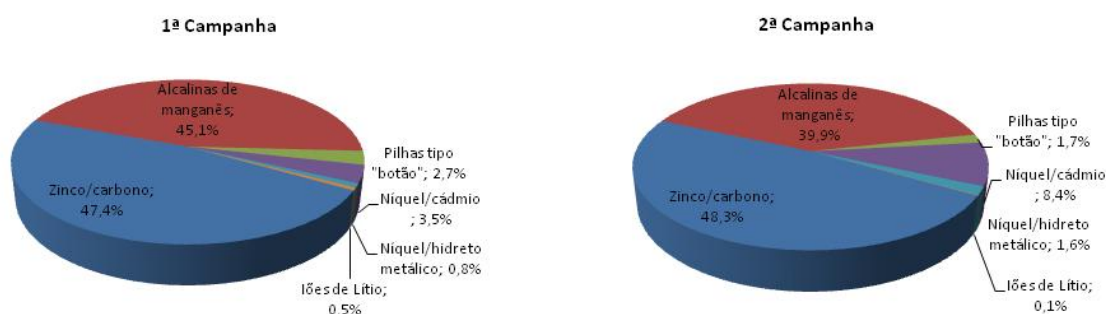


Figura II.21. Distribuição das P&A presentes nos RSU em duas campanhas realizadas na Alemanha em 2001  
(Adaptado de Pistoia, 2005)

Considerando as campanhas de quantificação e caracterização de RSU, em que foram apuradas a quantidades de P&A em quantidades de RSU amostradas inferiores às campanhas analisadas anteriormente, o zinco presente nos RSU devido às pilhas primárias, por tonelada de RSU, em peso húmido, varia entre 16,49 g e 61,02 g. No caso do cádmio, o máximo poderá atingir as 3,5 g de cádmio por tonelada de RSU, em peso húmido.

A diferença de resultados obtidos entre as campanhas de maior e de menor dimensão, possivelmente devem-se ao facto de que quanto maior a quantidade de amostra, maior a precisão da estimativa obtida, pelo que se deverão considerar mais fiáveis os dados referentes à campanhas realizadas na Holanda e na França, entre 1998 e 2000.

## **II.1.8. Sistema Nacional de Gestão de P&A**

### **II.1.8.1. A Ecopilhas e o funcionamento do Sistema**

A Ecopilhas – Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados Lda., é uma sociedade por quotas, constituída pelos principais produtores e importadores de P&A que operam no mercado português. A data de constituição desta entidade gestora foi em Abril de 2002, tendo sido licenciada pelo Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, em 14 de Outubro de 2002. Esta primeira licença foi atribuída por 5 anos, abrangendo o território de Portugal Continental. O arranque operacional do SIPAU - Sistema Integrado de Pilhas e Acumuladores Usados, teve início em 1 de Janeiro de 2004, com a introdução da cobrança do Ecovalor.

Neste sistema, os produtores/importadores de P&A, ou de equipamentos que os contêm, transferem a sua responsabilidade pela gestão das P&A para a Ecopilhas, mediante uma contribuição financeira, por cada tipo e formato de P&A colocados no mercado. Este valor financeiro denominado Ecovalor, é aplicado pela Ecopilhas nos serviços de recolha selectiva, transporte e tratamento das P&A usados (Ecopilhas, 2007c)

O registo de todas as P&A colocadas no mercado nacional é realizado electronicamente pelos produtores/importadores, no site da Ecopilhas.

De acordo com (Martinho *et al.*, 2006), na opinião da Ecopilhas, as metas definidas na legislação nacional e os objectivos estabelecidos na licença foram demasiados ambiciosos. Actualmente, aguarda-se a transposição da nova Directiva europeia sobre a gestão deste fluxo, de forma a ser emitida uma nova licença adaptada à nova legislação europeia.

As P&A usados recolhidos em Portugal, apenas começaram a ser enviados para triagem, reciclagem/valorização em Dezembro de 2004, sendo o seu destino uma empresa do grupo FernWarnwien, localizada na Áustria (Viena). Em 2005 foi encaminhado praticamente todo o stock de P&A acumulado desde Outubro de 2003 (data de início da recolha efectuada pela entidade gestora).

A Ecopilhas optou por uma estrutura simples em termos de gestão, recorrendo a terceiros para desenvolver todas as exigências mais operacionais. Em termos de gestão global, a Ecopilhas subcontratou uma empresa, a Ecopartner, que desde o início de actividade da entidade gestora se tem responsabilizado por todas as actividades relacionadas com a recolha, transporte, armazenamento temporário, movimento transfronteiriço e adjudicação da empresa para valorização/reciclagem das P&A usados. Actualmente estas englobam apenas o transporte, tanto em território nacional como no estrangeiro, e a subcontratação da empresa de valorização.

A operação de triagem e armazenamento, anteriormente realizada no estrangeiro, foram adjudicadas ao Sistema de Gestão de Resíduos Resitejo (Caria, 2007a).

O financiamento da entidade gestora advém, essencialmente, do pagamento do Ecovalor pelos produtores e importadores de P&A. Os valores aprovados pelo Secretário de Estado do Ambiente, em 5 de Novembro de 2003, e propostos ao INR pela Ecopilhas, mantiveram-se em vigor em 2004 e 2005. Novos Ecovalores foram estipulados em 2006, tendo sido já aprovados pelo INR (APA) os valores de 2008.

Desde o início da actividade que a Ecopilhas já distribuiu mais de 900 milhares de pilhões colocados nos mais diversos locais, existindo, também, cerca de 15.000 pilhões de rua, junto aos ecopontos, cuja recolha é da responsabilidade dos SMAUT.

De uma forma generalizada, a cor adoptada para os pilhões é o vermelho, havendo no entanto pilhões de cor azul ou amarela, embora em muito menor número (Figura II.22). Desta forma, a

Ecopilhas fez coincidir a cor dos pilhões que distribui com a dos pilhões de rua. Tratam-se de caixas em cartão parafinado com capacidade para 100 kg ou receptáculos.



Figura II.22. Exemplos de pilhões colocados em estabelecimentos comerciais (Ecopilhas, 2007)

Os pilhões de rua estão normalmente localizados junto aos ecopontos, quer incorporados num dos contentores, quer isolados (Figura II.23).

Em 2007 a Ecopilhas distribuiu cerca de 900.000 mini-pilhões para os consumidores domésticos e profissionais poderem depositar de forma segura as P&A usados portáteis, até terem uma quantidade suficiente para serem depositados nos pilhões existentes à disposição dos consumidores atrás referidos (Figura II.24).



Figura II.23. Exemplos de pilhões colocados na rua ou nos ecopontos e que são da responsabilidade dos SMAUT



Figura II.24. Exemplo dos mini-pilhões distribuídos em 2007 pela Ecopilhas (2007).

A adesão de produtores e importadores de P&A ao SIPAU tem vindo a aumentar. Segundo a Ecopilhas, actualmente é estimado que cerca 70% dos produtores e importadores a operar em território nacional são aderentes ao SIPAU, embora não existam dados totalmente fidedignos relativamente ao número de produtores e importadores de P&A.



### II.1.8.2. Consumo de P&A em Portugal

No Quadro II.12 e nas Figura II.25 e Figura II.26, apresentam-se as quantidades em número, por tipo de P&A, declaradas pelos produtores/importadores aderentes ao SIPAU e colocadas no mercado português, em 2004, 2005 e 2006. Estes dados tiveram por base as Declarações dos produtores de P&A aderentes ao SIPAU e efectuadas directamente à empresa Deloitte, S.A., subcontratada pela Ecopilhas.

É de salientar que os dados que constam nas Declarações Anuais preenchidas pelos produtores e importadores de P&A são estimativas, sendo aferidas no início do ano seguinte, neste caso, no início de 2005. Apenas as Declarações Trimestrais são baseadas em valores reais.

Pode-se observar pelo Quadro II.12, e também graficamente nas Figura II.25 e Figura II.26, que as quantidades de P&A declaradas pelos produtores referentes têm vindo a aumentar, nomeadamente 0,5% em 2005 e 1,4% em 2006, em peso. Embora ainda não tenham sido publicados os dados referentes a 2007, é previsto um aumento significativo da venda de P&A.

Pela Figura II.25 e Figura II.26 é possível observar, no caso das pilhas primárias, que as pilhas de zinco carbono têm perdido quota de mercado, enquanto as vendas de pilhas de lítio têm aumentado. No que se refere às pilhas secundárias, a fracção de acumuladores de níquel/cádmio e níquel/hidreto metálico tem vindo também a diminuir face às baterias de iões de lítio. Em 2006 foram declaradas cerca de 113 milhões de P&A, correspondendo a 2.700 t, o que equivale a 23 g/unidade.

Quadro II.12. Consumo de pilhas primárias declaradas pelos produtores/importadores aderentes ao SIPAU (Caria, 2007a)

Sistema químico	Unidades			Peso (kg)		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Zinco/carbono	21.810.358	17.506.522	17.180.474	611.098	496.545	467.188
Alcalinas de manganês	60.580.154	64.931.206	68.682.384	1.625.851	1.733.444	1.759.433
Botão	15.138.864	14.595.885	17.549.737	23.759	15.572	18.636
Lítio	839.435	867.554	1.878.205	13.890	19.107	38.044
<i>Total Primárias</i>	<i>98.368.811</i>	<i>97.901.167</i>	<i>105.290.800</i>	<i>2.274.598</i>	<i>2.264.668</i>	<i>2.283.301</i>
Níquel/cádmio e Níquel/hidreto metálico	2.723.377	3.369.339	3.011.959	196.574	209.319	203.469
Iões de lítio	5.318.838	4.997.034	5.315.955	173.582	184.411	209.540
<i>Total Secundárias</i>	<i>8.042.215</i>	<i>8.366.373</i>	<i>8.327.914</i>	<i>370.156</i>	<i>393.730</i>	<i>413.009</i>
<b>Total Pilhas e Acumuladores</b>	<b>106.411.026</b>	<b>106.267.540</b>	<b>113.618.714</b>	<b>2.644.754</b>	<b>2.658.398</b>	<b>2.696.310</b>



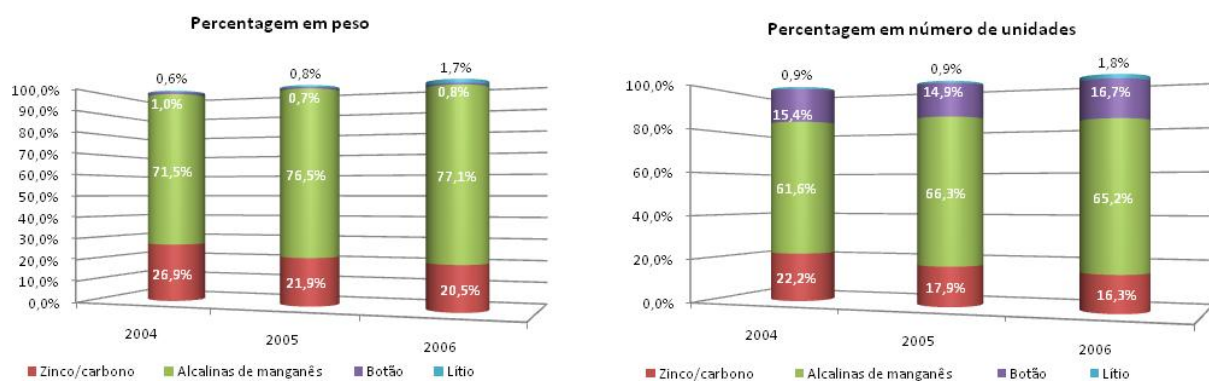


Figura II.25. Histórico do consumo de tipos de pilhas primárias colocadas no mercado português, em percentagem do total das pilhas primárias, em número e em peso (Caria, 2007a)

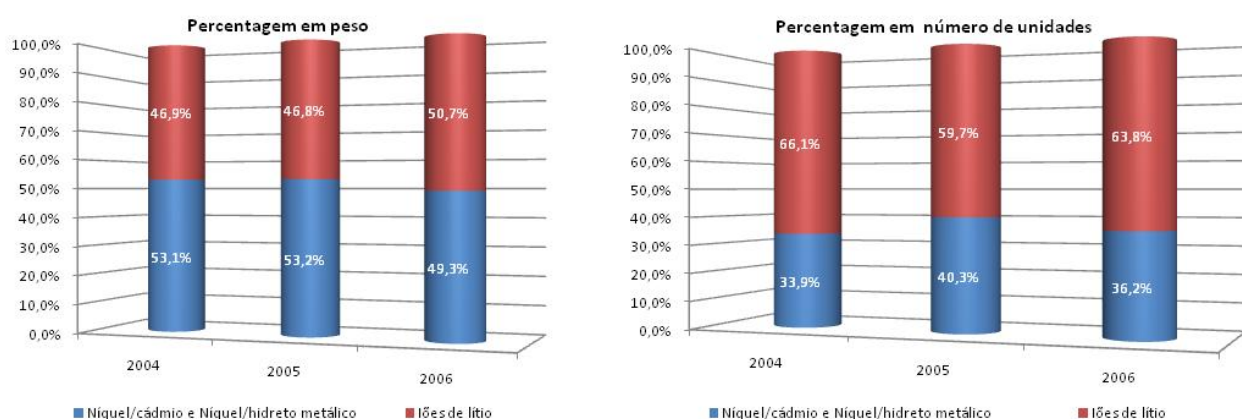


Figura II.26. Histórico do consumo de tipos de pilhas secundárias colocadas no mercado português, em percentagem do total das pilhas secundárias, em número e em peso (Caria, 2007a)

Em termos de unidades, 57% das unidades de P&A vendidas foram pilhas alcalinas de manganês, representando as de zinco/carbono 20,5%, seguidas das pilhas botão com 14,2%. Em termos de acumuladores os mais vendidos foram as baterias de iões de lítio (5%). Em peso, as pilhas alcalinas predominam também, com 61,5 %, seguidas das de zinco/carbono com 23,1%. As baterias de iões de lítio representam cerca de 6,6% do total de P&A vendidos.

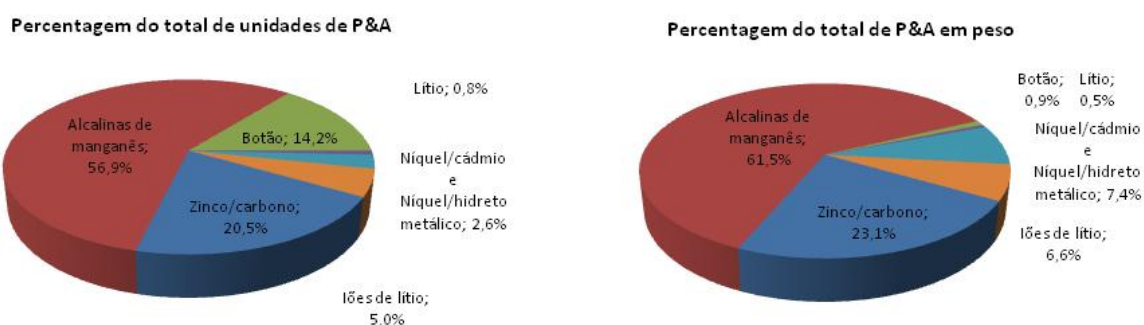


Figura II.27. Consumo de pilhas primárias e secundárias, em percentagem do total de unidades e do peso das P&A colocadas no mercado português em 2006 (Caria, 2007a)

### II.1.8.3. Quantidade de P&A recolhidos selectivamente

Na legislação nacional foram estabelecidas metas, para os anos 2003 e 2005, e objectivos referentes às quantidades mínimas de P&A a retomar. Em 2005 a Ecopilhas recolheu mais 112% em relação a 2004, tendo retomado cerca de 425 t, o que equivale a cerca de 17 milhões de P&A usados, comparativamente a cerca de 200 t em 2004. Em 2006, a taxa de recolha diminuiu ligeiramente, tendo novamente aumentado em 2007.

Como se pode observar na Figura II.28, as quantidades recolhidas selectivamente são inferiores ao estipulado na licença da Ecopilhas, não tendo sido ainda atingido a meta estipulada para 2003 de 500t/ano. O facto do SIPAU ter começado a funcionar apenas em 2004 poderá justificar um pouco este atraso.

As quantidades de P&A usados recolhidas no âmbito do SIPAU e enviadas para reciclagem são apresentadas na Figura II.28, assim como a taxa de recolha obtida desde o arranque do SIPAU.

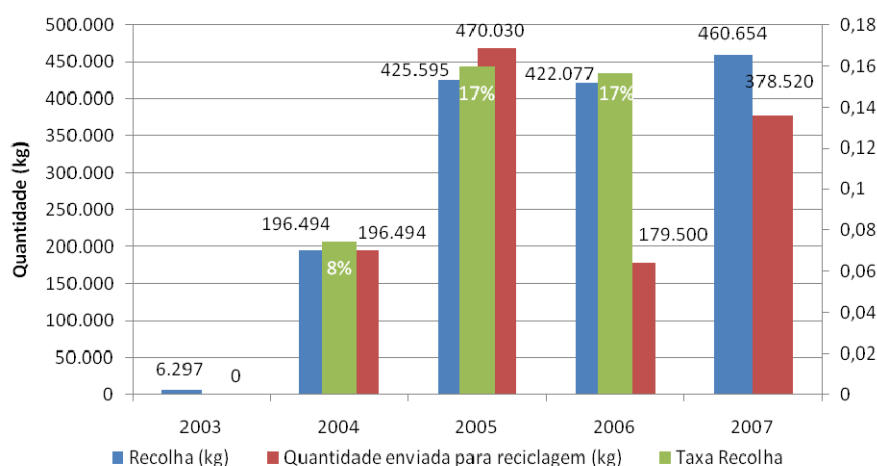


Figura II.28. Histórico das quantidades, em peso, de P&A recolhidos e enviados para reciclagem e respectiva taxa de recolha (Caria, 2007a; Caria, 2007b; Martinho et al., 2006)

Em termos de canal de recolha, o histórico das quantidades de P&A usados recolhidas no âmbito do SIPAU pelos hipermercados/supermercados, SMAUT e outros ecoparceiros, é apresentado no Quadro II.13 e na Figura II.28. Pode-se observar que em 2007 cerca de 45% das P&A usados foram recolhidos pelos SMAUT, seguidos dos hipermercados/supermercados com 35%. No total de P&A usados recolhidos desde o arranque do SIPAU, os SMAUT recolheram cerca de 42%.

Quadro II.13. Histórico da quantidade recolhida de P&A por canal de recolha (Caria, 2007a; Caria, 2006c)

Canal de recolha	Peso (kg)				Total
	2004	2005	2006	2007	
Hipermercados e Supermercados	133.334	148.729	157.794	167.456	607.313
SMAUT	27.590	206.410	196.332	214.449	644.781
Outros	35.516	70.456	68.551	95.819	270.342
<b>Total</b>	<b>196.440</b>	<b>425.595</b>	<b>422.677</b>	<b>477.724</b>	<b>1.522.436</b>

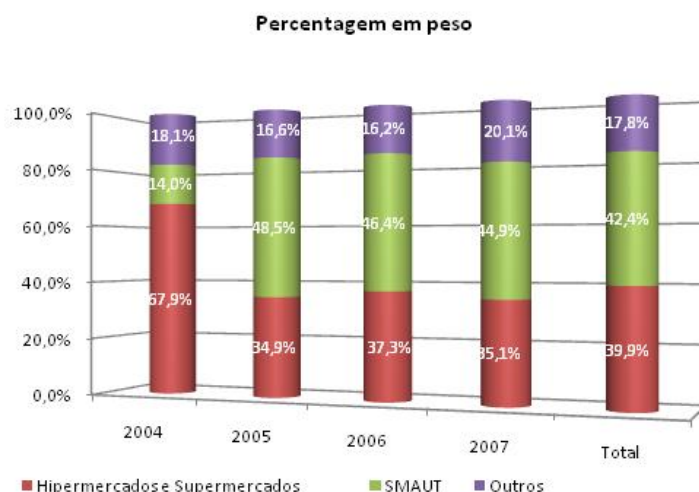


Figura II.29. Histórico das quantidades em peso de P&A recolhidos, por canal de recolha (Caria, 2007a; Caria, 2006c)

De acordo com informação prestada por Caria (2007a), as P&A recolhidos são encaminhados para a Estação de Triagem localizada na Resitejo. Após uma triagem manual, realizada por 4 trabalhadores a tempo inteiro, são separadas em pilhas de zinco carbono e alcalinas, pilhas botão e acumuladores. Este processo é moroso e exaustivo, e a separação susceptível de pouca precisão, quando comparado com um sistema de triagem de P&A usados automático. Após a fase de triagem são enviados para a Áustria, para empresas do grupo FernWarnwien,

A Ecopilhas denomina Ecoparceiros a todos os canais de recolha com os quais celebra “Protocolos de Colaboração”, estes, além das associações de municípios e sistemas multimunicipais, englobam, também, supermercados e hipermercados, outros retalhistas e outras entidades como, por exemplo, escolas. Actualmente a Ecopilhas tem cerca de 1600 Ecoparceiros.

A Região Autónoma dos Açores e a Região Autónoma da Madeira, actualmente encontram-se também abrangidas pela Ecopilhas, tendo sido acordado com os Governos Regionais que os custos do transporte das P&A usados, de barco para o continente, ficam a cargo da entidade gestora (Ecopilhas *fide* Martinho *et al.*, 2006).

## II.2. Sistemas de Gestão de RSU (SMAUT)

### II.2.1. Aspectos gerais

Neste capítulo é feita uma apresentação geral a nível nacional dos Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos, Multimunicipais e Intermunicipais, no que se refere às suas características e tipologias. É feita também uma caracterização dos resíduos produzidos em cada SMAUT, os quantitativos de recolha indiferenciada e de recolhas selectivas, assim como as operações de gestão de resíduos realizadas, segundo os dados disponíveis na literatura.

Tendo em conta o objectivo deste estudo, são também brevemente referidas as metodologias de caracterização e quantificação existentes, nomeadamente a metodologia preconizada no PERSU II e ainda um capítulo referente à quantificação de P&A usados presentes nos RSU e levadas a cabo por alguns SMAUT, nos últimos anos.

## II.2.2. Características e tipologia dos SMAUT

No que se refere à produção total de RSU em Portugal Continental, apenas estão disponíveis dados referentes a 2005, não tendo sido ainda publicados os dados referentes a 2006 e 2007. Assim, e de acordo com o PERSU II (MAOTDR, 2007), em 2005, a produção de RSU em Portugal Continental atingiu 4,5 milhões de toneladas, ou seja, cerca de 1,24 kg por habitante e por dia, com base nos dados reportados pelos SMAUT no Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (SIRER).

Na Figura II.30 apresenta-se a evolução da produção de RSU em Portugal Continental, entre 1995 e 2005, e a evolução da capitação diária no mesmo período. Verifica-se uma tendência de crescimento da produção de resíduos, bem como da capitação diária, com excepção dos anos de 2001 e de 2004.

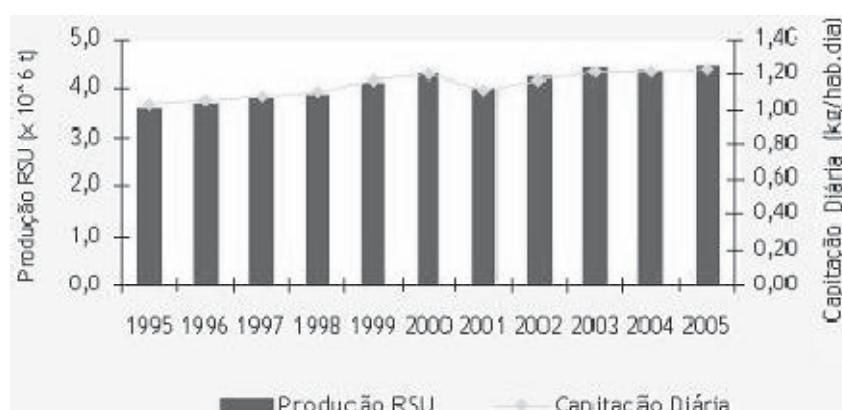


Figura II.30. Histórico da produção total de RSU e respectiva capitação (MAOTDR, 2007)

Relativamente ao destino final dos RSU, apresentado na Figura II.31, verifica-se que, em 10 anos, este deixou de ser maioritariamente a deposição em lixeiras (73%, em 1995) para passar a ser a deposição em aterro (63%, em 2005). A categoria outros inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005). A recolha selectiva inclui a recolha em ecopontos, porta-a-porta e ecocentros (em 2005 inclui também a recolha selectiva de RUB — cerca de 19 000 t). A valorização orgânica, para o ano de 2005, inclui também a valorização orgânica de RUB recolhidos selectivamente.

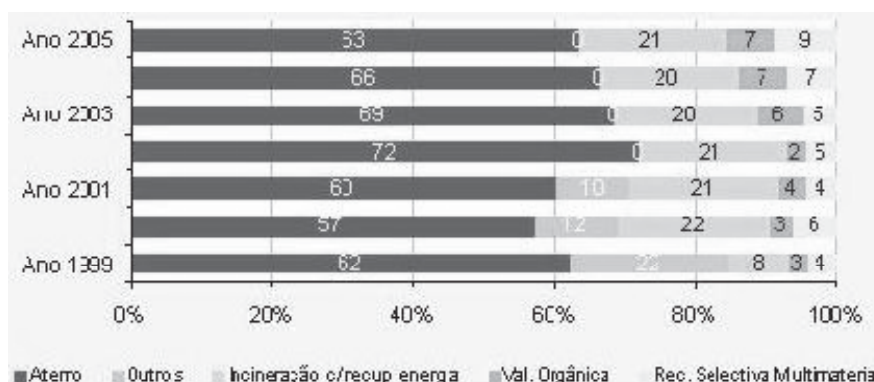


Figura II.31. Histórico relativo ao destino final dado aos RSU em Portugal continental (MAOTDR, 2007)

No Quadro II.14 pode-se observar que da produção total de RSU em 2005, 91% foram recolhidos de forma indiferenciada (cerca de 4,1 mil toneladas).

Apesar de não estarem disponíveis os quantitativos referentes à recolha de resíduos indiferenciados para os anos de 2006 e 2007, por SMAUT, no PERSU II estima-se que o crescimento anual de recolha de RSU a nível nacional seja de 1,84% em 2006 e 1,80% em 2007.

Quadro II.14. Produção e recolha de RSU em Portugal Continental, em 2005 (MAOTDR, 2007)

	Produção (t)	Capitação (kg/hab.ano)
Produção total de RSU	4 469 338	450
Recolha indiferenciada	4 065 294 (91,9%)	410
Recolha selectiva multimaterial	384 965 (8,6%)	39
Recolha selectiva de RUB	19 079 (0,4%)	2

Actualmente, Portugal Continental está organizado em 29 Sistemas de Gestão de RSU (Figura II.32), 15 Multimunicipais e 14 Intermunicipais, distribuídos da seguinte forma pelas cinco regiões (MAOTDR, 2007):

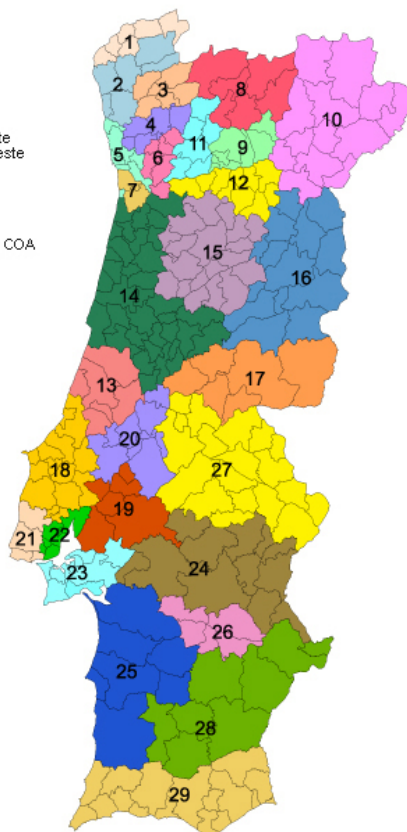
- Região Norte: 12 sistemas (dos quais 7 multimunicipais);
- Região Centro: 5 sistemas (dos quais 3 multimunicipais);
- Região Lisboa e Vale do Tejo: 6 sistemas (dos quais 3 multimunicipais);
- Região Alentejo: 5 sistemas (dos quais 1 multimunicipal);
- Região Algarve: 1 sistema (multimunicipal).

#### SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS

(MULTIMUNICIPAIS e Intermunicipais)

Fevereiro 2006

- 1 - VALORMINHO
- 2 - RESULIMA
- 3 - BRAVAL
- 4 - Amave
- 5 - Lipor
- 6 - Valsousa
- 7 - SULDOURO
- 8 - RESAT
- 9 - Vale do Douro Norte
- 10 - Resíduos do Nordeste
- 11 - REBAT
- 12 - RESIDOURO
- 13 - VALORLIS
- 14 - ERSUC
- 15 - Planalto Beirão
- 16 - ÁGUAS ZÉZERE E COA
- 17 - Raia - Pinhal
- 18 - RESIOESTE
- 19 - Resiurb
- 20 - Resitejo
- 21 - Amres
- 22 - VALORSUL
- 23 - AMARSUL
- 24 - Gesamb
- 25 - Ambilital
- 26 - Amcal
- 27 - VALNOR
- 28 - Resialentejo
- 29 - ALGAR



DOE  
DFOF

Figura II.32. Sistemas de Gestão de RSU em Portugal Continental (MAOTDR, 2007)

No âmbito da ENRRUBDA, preconizou-se o agrupamento dos Sistemas com vista ao tratamento de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) no Continente. De acordo com o PERSU II, a divisão territorial então definida foi entretanto alvo de alguns ajustamentos, apresentando em Dezembro de 2005 a configuração para 16 agrupamentos.

No Quadro II.15 apresentam-se as principais características dos SMAUT, incluindo os Sistemas das Regiões Autónomas, nomeadamente a população abrangida, a produção de RSU, a capitação e os destinos finais dos RSU, bem como a capitação correspondente aos resíduos recolhidos selectivamente em 2005 (APA, 2008b).

No mesmo quadro é ainda indicada a tipologia de cada um dos SMAUT, tal como definida pela SPV. A tipologia 1 corresponde a SMAUT com características mais rurais, a tipologia 2 a SMAUT com características semi-rurais ou mistos e a tipologia 3 a SMAUT urbanos.

Relativamente aos valores da capitação de RSU registados em 2005, para Portugal Continental, contacta-se que, se excluirmos o valor apresentado para a Resialentejo, que é demasiado elevado e para o qual não temos uma explicação plausível, os valores médios obtidos para os SMAUT rurais foram de 410 kg/hab.ano, para os SMAUT mistos de 428 kg/hab.ano e para os SMAUT urbanos de 471 kg/hab.ano. Já em relação à recolha selectiva multimaterial, e ainda para Portugal Continental, o valor médio da capitação foi de 15 kg/hab.ano para os SMAUT rurais, 20 kg/hab.ano para os SMAUT mistos e 34 kg/hab.ano para os SMAUT urbanos.

Em relação à recolha selectiva, na Figura II.33 apresenta-se o número de ecopontos e número de habitantes por ecoponto para cada sistema, em 2005. Pode-se observar que a maior parte dos Sistemas apresentam um grau de cobertura inferior a 500 habitantes por ecoponto.

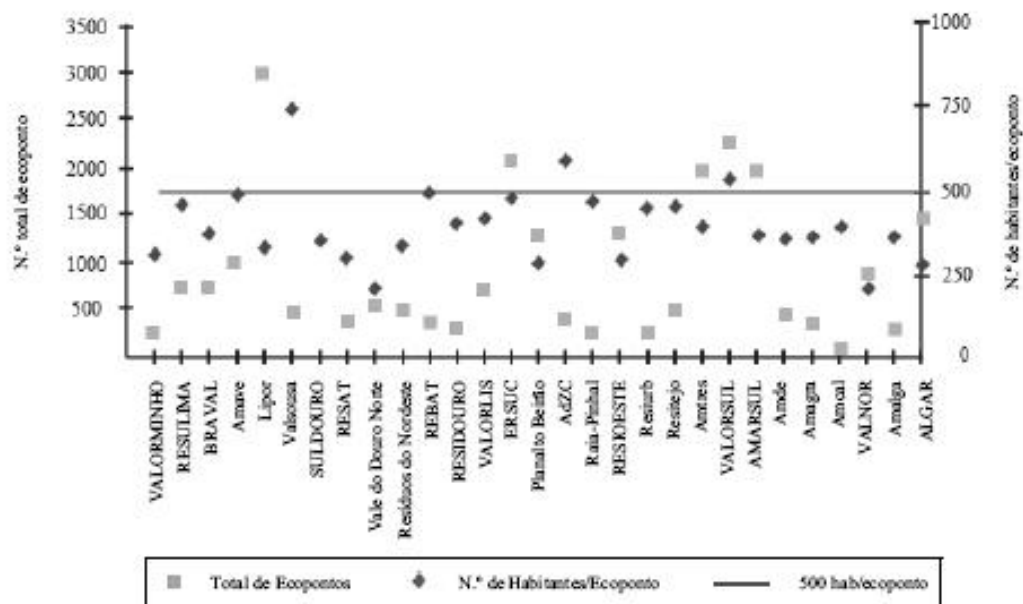


Figura II.33. Número de ecopontos e número de habitantes por Sistema, em 2005 (MAOTDR, 2007)

Quadro II.15. População, produção, captação e destinos finais dos RSU em 2005, por SMAUT  
(MAOTDR, 2007; APA, 2008b)

Sistema	Tipologia	População (hab)	Produção de RSU (t)	Captação RSU (kg/hab.ano)	Destino final dos RSU					Captação selectiva (kg/hab.ano)
					Aterro (t)	Outros <sup>(a)</sup> (t)	Val. energética (t)	Val. orgânica <sup>(b)</sup> (t)	Recolha selectiva <sup>(c)</sup> (t)	
VALORMINHO	1	78.969	34.581	438	32.300	-	0	0	2.282	18
RESULIMA	2	327.275	122.611	375	115.727	0	0	0	6.782	21
BRAVAL	2	278.480	96.464	346	88.251	0	0	0	8.213	27
Amave	3	474.967	175.559	370	11.726	0	0	149.249	14.171	27
Lipor	3	968.013	503.838	520	50.625	0	388.899	8.897	58.814	37
Valsousa	2	329.786	125.604	381	117.867	0	0	0	7.737	13
SULDOURO	3	431.713	175.160	406	162.802	0	0	0	12.167	26
RESAT	1	103.789	37.820	364	35.421	0	0	0	2.399	10
Vale do Douro Norte	2	109.191	41.324	378	39.849	0	0	0	1.475	14
Resíduos do Nordeste	1	154.930	54.983	355	52.111	0	0	0	2.872	7
REBAT	2	181.380	50.692	279	49.064	0	0	0	1.628	7
RESIDOURO	1	112.747	34.745	308	33.742	0	0	0	1.003	8
VALORLIS	2	303.358	115.026	379	106.342	0	0	0	8.684	25
ERSUC	2	969.082	373.897	386	352.505	0	0	0	21.392	22
Planalto Beirão	2	364.751	124.233	341	118.080	0	0	0	6.152	11
COVA DA BEIRA	1	218.178	73.789	338	44.082	0	0	27.184	2.523	7
Raia/Pinhal	1	102.561	37.106	362	35.641	0	0	0	1.465	14
RESIOESTE	2	387.781	195.799	505	184.693	0	0	0	11.106	21
Resiurb	2	120.468	62.033	515	60.556	0	0	0	1.477	12
Resitejo	2	215.915	88.833	411	84.173	0	0	0	4.383	16
Amtres - Tratolixo	3	786.580	467.862	595	185.986	0	78.684	95.514	107.677	36
VALORSUL	3	1.192.049	551.449	463	28.254	0	469.518	7.022	46.639	45
AMARSUL	3	735.985	347.722	472	304.659	0	0	18.431	24.631	30
GESAMB	2	158.323	81.221	513	77.336	0	0	0	3.885	23
Ambilital	1	99.248	58.741	592	56.918	0	0	0	1.823	8
Amcal	1	26.102	13.287	509	12.382	0	0	0	905	35
VALNOR	1	180.596	76.709	425	73.003	0	0	0	3.706	21
Resialentejo	1	116.852	289.705	2.479	285.451	0	0	0	4.225	26
Algar	2	398.370	301.663	757	281.961	0	0	5.005	14.697	49
<b>Continente</b>		<b>9.927.441</b>	<b>4.712.458</b>	<b>475</b>	<b>3.081.507</b>	<b>0</b>	<b>937.101</b>	<b>311.302</b>	<b>384.943</b>	<b>27</b>
Açores - AM São Miguel		124.945	68.382	547	59.093	0	0	0	9.289	12
Açores - AM Pico		14.579	5.310	364	5.238	0	0	0	72	5
Açores - Calheta		3.976	2.119	533	0	2.118	0	0	1	0
Açores - Corvo		435	240	552	0	240	0	0	0	0
Açores - Faial		14.934	8.104	543	0	7.874	0	0	230	15
Açores - Graciosa		4.708	1.846	392	0	1.642	0	0	204	43
Açores - Lages das Flores		1.482	2.300	1.552	2.300	0	0	0	0	0
Açores - Santa Cruz das Flores		2.467	0	0	0	0	0	0	0	0
Açores - Nordeste		5.209	2.221	427	2.192	0	0	0	30	0
Açores - Santa Maria		5.490	2.250	410	1.976	0	0	0	274	50
Açores - Terceira		54.996	37.991	690	27.076	0	0	0	10.915	34
Açores - Velas		5.546	1.571	283	0	1.571	0	0	0	0
Madeira		241.257	163.850	679	16.994	0	119.947	2.658	24.251	69
<b>R.Autónomas</b>		<b>480.024</b>	<b>296.184</b>	<b>617</b>	<b>114.869</b>	<b>13.445</b>	<b>119.947</b>	<b>2.658</b>	<b>45.266</b>	<b>43</b>
<b>Portugal</b>		<b>10.407.465</b>	<b>5.008.642</b>	<b>481</b>	<b>3.196.376</b>	<b>13.445</b>	<b>1.057.048</b>	<b>313.960</b>	<b>430.209</b>	<b>28</b>

(a) Inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005)

(b) A recolha selectiva multimaterial, com vista à reciclagem, inclui as embalagens, papel/cartão, vidro e pilhas recolhidos nos ecopontos, porta-a-porta e ecocentros

(c) A valorização orgânica, para o ano de 2005, inclui também a valorização orgânica de RUB



### II.2.3. Campanhas de quantificação e caracterização de RSU

Os RSU, objecto de recolha municipal, referem-se à mistura de materiais e objectos de origem doméstica, englobando também resíduos provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde com uma natureza ou composição afim dos domésticos, desde que, de acordo com o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, não seja ultrapassada uma produção diária de 1100 litros.

A composição física dos RSU, em termos do tipo de materiais que os compõem, é apresentada no Quadro II.16 (MAOTDR, 2007). Os RUB (papel/cartão e fermentáveis) representam 53% dos RSU e as embalagens 27% (MAOTDR, 2007). As P&A usados e os REEE inserem-se na categoria outros resíduos.

Quadro II.16. Composição física média dos RSU (MAOTDR, 2007)

Componentes RSU	Composição (%)
Papel / Cartão	26,40%
Vidro	7,40%
Plástico	11,10%
Metais	2,75%
Têxteis	2,60%
Madeira / Embalagens	0,50%
Materiais Fermentáveis	26,50%
Verdes	3,15%
Finos	14,25%
Outros Resíduos	5,35%

As metodologias de caracterização física de resíduos, são um instrumento importante na recolha de informação para quantificar e determinar a composição física dos RSU, relevantes para o desenvolvimento dos modelos de gestão de resíduos.

A caracterização da composição de RSU recorre a metodologias específicas, normalmente assentes em campanhas de caracterização. Para a realizar uma campanha de caracterização é necessário a definição duma série de determinantes, nomeadamente (APA, 2008c):

- zonas de amostragem a serem consideradas;
- esquema de amostragem a adoptar;
- número de amostras a realizar;
- distribuição temporal das amostras a realizar;
- parâmetros a serem determinados;
- meios necessários.

Os aspectos específicos das campanhas poderão ser diferentes de situação para situação, dependendo, entre outros factores, dos objectivos da caracterização e dos meios (humanos, materiais e financeiros) disponíveis. De qualquer forma, existem várias de metodologias de referência, sendo as mais utilizadas pelos SMAUT, as seguintes (Carvalho, 2005):

- **Metodologia da DGQA** (ex-Direcção Geral da Qualidade do Ambiente), definida para as campanhas de quantificação e caracterização física dos RSU a implementar a nível municipal,



tendo em vista a obtenção de dados uniformizados para o preenchimento do Mapa de Registo de Resíduos Sólidos Urbanos;

- **Metodologia da ERRA - European Recovery and Recycling Association**, desenvolvida com o objectivo de estabelecer um método para a recolha de dados quantitativos e qualitativos relativamente aos resíduos domésticos, designadamente para apoio à avaliação dos projectos-piloto de recolhas selectivas promovidos pela ERRA;
- **Metodologia do REMECOM - Réseau Européen de Mesures pour la Caractérisation des Ordures Ménagères**, esta metodologia foi estabelecida a partir duma concertação técnica entre 18 localidades de 6 países europeus, na perspectiva de dar resposta às novas necessidades sobre o conhecimento dos resíduos (quantidade, composição, qualidade) decorrentes de novas práticas de valorização, designadamente por reciclagem. Congrega um conjunto de directrizes metodológicas para estabelecer a composição dos resíduos domésticos (em particular em termos de embalagens e materiais valorizáveis), e da eficiência e taxa de impurezas das recolhas selectivas. No que respeita a métodos de amostragem, reconhece várias metodologias, decorrentes de exigências nacionais específicas: protocolo ARGUS (Alemanha), protocolo IBGE (Bélgica), protocolo EPA (Irlanda), metodologia MODECOM (França, referencial nacional).

Recentemente, foi aprovada uma nova metodologia nacional para a quantificação e caracterização dos RSU, publicada no Anexo II da Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, que aprova o Plano Estratégico para Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II). Esta metodologia foi criada de modo a uniformizar as campanhas de caracterização física de RSU a nível nacional e, deste modo, a metodologia da DGQA deixou de estar em vigor.

Normalmente, como já referido, as P&A não fazem parte do catálogo de triagem das campanhas de caracterização física dos RSU, sendo incluídos na componente “outros”. No entanto, alguns SMAUT já quantificaram as P&A presentes nos RSU, embora de uma forma não sistemática. No Quadro II.17 apresentam-se alguns valores das percentagens de P&A presentes nos RSU dos SMAUT que nos últimos anos quantificaram esta componente. Como se pode constatar, a quantidade de P&A presentes nos RSU é muito variável, entre 0,01% a 0,13%, sendo o valor médio de 0,06%.

Quadro II.17. Percentagem, em peso, de P&A presentes nos RSU, nos SMAUT em que foram quantificadas nas campanhas de caracterização física (Profico, 2005, Carvalho, 2005)

Sistema	Metodologias de amostragem e caracterização de RSU utilizadas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
VALORMINHO	DGQA, ERRA, REMECOM			0,13 %		0,03 %		
RESULIMA	DGQA, REMECOM					0,07 %		
Lipor	ERRA, REMECOM	0,1 %						
Valsousa	DGQA			0,06 %				
SULDOURO	DGQA, ERRA, REMECOM				0,03 %			
RESAT	REMECOM					0,02 %		
REBAT	REMECOM				0,01 %			
RESIDOURO	REMECOM					0,05 %		
ERSUC	ERRA					0,08 %		

(continua)

Quadro II.17. Percentagem, em peso, de P&A presentes nos RSU, nos SMAUT em que foram quantificadas nas campanhas de caracterização física (continuação)

Sistema	Metodologias de amostragem e caracterização de RSU utilizadas	Ano						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ÁGUAS ZÊZERE E CÔA	MODECOM/REMECOM					0,08 %		
RESIOESTE	MODECOM/REMECOM					0,04 %		
RESIURB	DGQA					0,01 %		
RESITEJO	DGQA			0,13 %				
AMTRES	REMECOM					0,1 %		
AMARSUL	REMECOM					0,077 %		
Amcal	DGQA, MODECOM/REMECOM					0,12 %		
VALNOR	ERRA					0,05 %		
VALORSUL	MODECOM/REMECOM		0,12%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06 %	0,05 %

#### II.2.4. Quantidades retomadas pela Ecopilhas

Em termos de P&A usados recolhidos pelos SMAUT e retomados pela Ecopilhas, os quantitativos são apresentados no Quadro II.18.

No total, e desde que o SIPAU entrou em funcionamento, em 2004, a Ecopilhas já retomou 433.212 toneladas de P&A, sendo a Valorsul, a Lipor e a Amtres, os SMAUT que mais contribuíram para este total.

Em contraste, cinco SMAUT (Ambisousa, AMCAL, AM da Ilha de São Miguel, Resat, Residouro) não recolheram e enviaram nenhuma P&A em 2007, provavelmente porque não têm pilhões instalados. No entanto, quatro destes SMAUT enviaram P&A em 2006 e a Ambisousa em 2004, o que pressupõe que são P&A que foram recolhidos no âmbito de alguma(s) campanha(s), por exemplo, de escolas ou de associações de defesa do ambiente.

Quadro II.18. Quantidades de P&A recolhidas e enviadas pelos SMAUT à Ecopilhas, entre 2004 e 2007 (Caria, 2007a, Caria, 2007c)

Sistema Multimunicipais	Ano				Total
	2004	2005	2006	2007	
Águas do Zêzere e Côa	0	0	4.940	10.145	15.085
Algar	0	3.900	5.690	5.008	14.598
Amarsul- Palmela	0	11.960	12.120	8.451	32.531
Amarsul- Seixal	0	7.060	6.120	5.050	18.230
AMAVE	4.350	6.320	8.820	15.140	34.630
Ambilital	0	0	7.280	6.599	13.879
Ambisousa	4.620	0	0	0	4.620
AMCAL	0	0	740	0	740
AM da Ilha de São Miguel	0	0	6.092	0	6.092
AM da Raia-Pinhal	0	0	1.760	1.640	3.400

(continua)

Quadro II.18. Quantidades de P&A recolhidas e enviadas pelos SMAUT à Ecopilhas, entre 2004 e 2007 (continuação)

Sistema Multimunicipais	Ano				Total
	2004	2005	2006	2007	
Braval	0	4.800	8.520	4.000	17.320
Ecobeirão	5.900	3.820	5.980	2.880	18.580
Ecolezíria	0	0	1.960	1.680	3.640
Ersuc	0	6.900	7.260	5.830	19.990
Resíduos do Nordeste	0	1.600	0	2.580	4.180
GESAMB	1.700	1.760	4.280	5.000	12.740
Lipor	0	39.020	33.080	26.895	98.995
Resat	0	0	3.000	0	3.000
Resialentejo (Antiga Amalga)	0	3.340	1.620	3.220	8.180
Residouro	0	0	2.060	0	2.060
Resioeste	0	24.750	8.720	10.560	44.030
Resitejo	0	8.700	8.160	4.770	21.630
Resulima	0	4.720	4.300	3.977	12.997
S. M. da Câmara de Angra do Heroísmo	0	0	0	3.030	3.030
Suldouro	0	940	1.620	1.000	3.560
Amtres/Tratolixo	0	16.200	28.080	18.780	63.060
Valnor	1.240	2.660	4.600	4.350	12.850
Valorlis	0	4.100	2.750	2.664	9.514
Valorminho	0	1.880	2.040	1.920	5.840
Valorsul	9.780	51.980	14.740	38.120	114.620
ValorAmbiente (Madeira)	0	0	0	21.160	21.160
<b>Total</b>	<b>27.590</b>	<b>206.410</b>	<b>196.332</b>	<b>214.449</b>	<b>644.781</b>



## **III.METODOLOGIA E PLANEAMENTO DO TRABALHO**

### **III.1. Aspectos gerais**

Para atingir os objectivos propostos, o trabalho prático realizado incidiu na análise do fluxo de P&A no sector doméstico, em particular na quantificação e caracterização das P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, informação relevante para melhorar o conhecimento sobre a situação nacional em matéria de P&A usados e os comportamentos dos consumidores.

Para quantificar e caracterizar as P&A usadas depositadas nos RSU indiferenciados, foi definida uma metodologia de quantificação e caracterização de P&A usados nos RSU indiferenciados e uma série de indicadores de gestão de resíduos em geral e de P&A em particular, a utilizar na avaliação da situação actual e na comparação com os dados disponíveis nesta matéria a nível internacional. O trabalho prático desta investigação foi realizado em colaboração com os SMAUT que realizaram campanhas de caracterização aos RSU no período de Março a Dezembro de 2007 e que se disponibilizaram em colaborar neste projecto.

Neste capítulo é definido em pormenor o planeamento experimental realizado, assim como a metodologia utilizada para a quantificação e caracterização das P&A usados presentes nos RSU indiferenciados e as características da amostra e dos sistemas estudados. São também apresentados os indicadores utilizados para atingir os objectivos propostos e o tratamento estatístico efectuado aos dados recolhidos.

### **III.2. Planeamento experimental e cronograma**

Para concretização dos objectivos propostos, o trabalho foi estruturado nas seguintes fases:

#### **Fase I – Revisão bibliográfica**

Esta fase compreendeu a revisão do estado de arte da gestão das P&A e dos respectivos resíduos, nomeadamente sobre as características e aplicações, mercado actual e tendências futuras, impacte ambiental e na saúde humana associados, recolha e reciclagem e informação relativa à quantificação de P&A nos RSU, legislação aplicável a nível europeu e nacional e caracterização do SIPAU e respectiva entidade gestora. Foi também recolhida informação sobre os SMAUT, no que se refere às características, tipologias e aos quantitativos de produção de resíduos

#### **Fase II – Definição da metodologia para quantificação de P&A usados nos RSU indiferenciados**

Tendo em conta a escassez de informação a nível nacional sobre o destino das P&A usadas, nesta fase desenvolveu-se a metodologia para caracterizar as P&A usados nos RSU indiferenciados, e os indicadores a utilizar para os objectivos propostos.

### **Fase III: Contactos com os SMAUT e programação das campanhas de caracterização de resíduos**

Nesta fase foram estabelecidos contactos com os SMAUT de forma a calendarizar e planear as campanhas de caracterização dos RSU a serem realizadas no período de Março a Dezembro de 2007. Esta fase prolongou-se até final de Dezembro, na medida em que a maioria das campanhas calendarizadas no início deste período foram sendo adiadas, tornando necessário um contacto constante com os SMAUT, de forma a poder prever com maior exactidão as datas de realização das campanhas.

### **Fase V – Acompanhamento das campanhas de caracterização de resíduos e caracterização dos resíduos de P&A e de REEE portáteis presentes nos RSU amostrados**

Durante esta fase, iniciada em Março de 2007 e terminada em Dezembro do mesmo ano, foram realizadas as visitas aos SMAUT durante as campanhas de caracterização e no final de cada campanha, com a realização da caracterização dos resíduos de P&A e de REEE portáteis, utilizando a metodologia de caracterização de P&A usados nos RSU, que é apresentadas em maior pormenor neste capítulo.

### **Fase IV- Diagnóstico da situação actual**

Nesta fase foi feito um levantamento de dados referentes à situação de referência em matéria de gestão de resíduos, em especial das P&A usados. Foi recolhida a informação disponível no que se refere ao historial das quantidades de P&A colocadas no mercado, quantidades de P&A usados recolhidas por canal de recolha, quantitativos enviados para reciclagem e evolução do SIPAU, desde a entrada e funcionamento em 2004. Foi igualmente feito um levantamento sobre a produção de RSU indiferenciados.

### **Fase VI – Análise dos dados e tratamento estatístico**

Nesta fase foi realizada a análise estatística dos dados obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos. Tendo em conta a fase anterior e ao facto da informação relativa aos quantitativos de resíduos recolhidos indiferenciadamente em 2007, não se encontrar ainda disponível, foi necessário desenvolver uma metodologia para a estimativa das quantidades de P&A usados depositados nos contentores indiferenciados, de forma a poder analisar a situação de referência em matéria de gestão de P&A usados em Portugal Continental. O procedimento utilizado para estas estimativas faz parte integrante deste capítulo.

### **Fase VII - Redacção da dissertação**

Nesta fase procedeu-se à redacção da dissertação.

No Quadro II.19 é apresentado o cronograma experimental do desenvolvimento deste trabalho de investigação, no qual é possível

Quadro II.19. Cronograma experimental referente ao trabalho realizados de Fevereiro de 2007 a Fevereiro de 2008

Fases	Meses													
	2007												2008	
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	
Fase I – Revisão bibliográfica														
Fase II – Definição da metodologia para quantificação de P&A usados														
Fase III: Contactos com os SMAUT e programação das campanhas														
Fase V – Campanhas de quantificação e caracterização de P&A														
Fase IV - Diagnóstico da situação actual														
Fase VI – Análise dos dados e tratamento estatístico														
Fase VII - Redacção da dissertação														

### III.3. Metodologia para a quantificação e caracterização das P&A nos resíduos indiferenciados

Tal como referido na parte introdutória a realização de campanhas específicas para quantificar e caracterizar fluxo de P&A usados nos RSU mostrou-se pouco exequível. A quantidade em peso das pilhas portáteis usadas é muito pequena quando comparada com a quantidade amostrada, além da possibilidade da variabilidade desta quantidade nas amostras. Tendo em conta estes aspectos, ao nível de significância estatística torna-se necessário realizar um grande número de amostragens, o que seria pouco viável em termos de recursos financeiros e humanos disponíveis.

Ponderando que são realizadas periodicamente campanhas de caracterização e quantificação de RSU pelos SMAUT, solicitou-se a colaboração dos Sistemas com campanhas programadas em 2007, no sentido de se aproveitar estas campanhas para, em simultâneo, se realizar uma quantificação e caracterização das P&A usados presentes nas amostras de RSU utilizadas nessas campanhas.

#### III.3.1. Planeamento das campanhas de caracterização física de resíduos

De modo a obter uma previsão das datas de realização das campanhas foram contactados todos os SMAUT em Portugal Continental. De forma a explicitar os objectivos e os procedimentos pretendidos enviou-se a todos os SMAUT, com campanhas de quantificação e caracterização física de RSU programadas, um pedido formal de solicitação de apoio para a realização deste estudo.

No período de Março a Dezembro de 2007, foram acompanhadas e realizadas caracterizações de P&A usados e REEE portáteis que pudessem conter P&A no seu interior, em 17 campanhas de caracterização e quantificação de RSU indiferenciados, as quais abrangeram 12 SMAUT de várias

tipologias, o que representou uma caracterização de 90 toneladas de RSU. No Quadro II.20 apresenta-se a calendarização das campanhas realizadas pelos SMAUT analisados, assim como a metodologia de caracterização física que utilizaram.

Quadro II.20. Calendarização das campanhas realizadas pelos SMAUT, entre Março a Dezembro de 2007, e acompanhadas no âmbito deste projecto

Sistema	Sub-sistema	Datas das campanhas	Metodologia de caracterização física utilizada
Amave		5/03 a 18/04 (*)	REMECOM
RESAT		18 a 31/03 (*)	REMECOM
RESIDOURO		9 a 21/04	REMECOM
Ambilital		18 a 24/04	REMECOM
Vale do Douro Norte	EMAR VR	23 a 27/04	REMECOM
	Restantes Concelhos	24 a 30/05	REMECOM
AMARSUL	Palmela	7 a 19/05	REMECOM
	Seixal	21 a 26/05	REMECOM
	Setúbal	11 a 16/06	REMECOM
SULDOURO		21/05 a 02/06	REMECOM
Ambisousa	Lustosa	26/06 a 02/07	Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro
	Penafiel	3 a 9/07	Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro
Amcal		24 a 26/10	REMECOM
Resiurb		5 a 12/11	Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro
ALGAR	Sotavento	5 a 17/11	REMECOM
	Barlavento	19/11 a 01/12	REMECOM
Amtres		18/11 a 27/12(**)	DGQA

(\*) A separação das P&A usados e de REEE portáteis por amostra teve início a 22/03/2007;

(\*\*)A separação das P&A usados e de REEE portáteis por amostra teve início a 22/11/2007;

Na Figura II.34 apresenta-se a branco os SMAUT em que foram acompanhadas campanhas de caracterização e quantificação de resíduos.



### SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS

(MULTIMUNICIPAIS e Intermunicipais)

Fevereiro 2006

- 1 - VALORMINHO
- 2 - RESULIMA
- 3 - BRAVAL
- 4 - Amave
- 5 - Lipor
- 6 - Valsousa
- 7 - SULDouro
- 8 - RESAT
- 9 - Vale do Douro Norte
- 10 - Resíduos do Nordeste
- 11 - REBAT
- 12 - RESIDOURO
- 13 - VALORLIS
- 14 - ERSUC
- 15 - Planalto Beirão
- 16 - ÁGUAS ZÉZERE E COA
- 17 - Raia - Pinhal
- 18 - RESIOESTE
- 19 - Resiurb
- 20 - Resitejo
- 21 - Antres
- 22 - VALORSUL
- 23 - AMARSUL
- 24 - Gesamb
- 25 - Ambital
- 26 - Amcal
- 27 - VALNOR
- 28 - Resialentejo
- 29 - ALGAR



Figura II.34. Sistemas de Gestão de RSU em Portugal Continental em que foram acompanhadas campanhas de caracterização de resíduos (adaptado de MAOTDR, 2007)

### III.3.2. Meios necessários

Para a realização das campanhas de caracterização de P&A nos RSU provenientes da recolha indiferenciada, foram utilizados os seguintes recursos:

#### Recursos humanos

- Equipa da FCT/UNL (2 a 3 elementos)

#### Materiais e equipamentos

- Sacos de plástico para separação das amostras de P&A presentes nos RSU indiferenciados amostrados, fornecidos às equipas de caracterização dos SMAUT;
- Etiquetas de identificação dos sacos que contêm P&A usados, para cada amostra, para indicação da quantidade de RSU amostrada, origem e data de amostragem;
- Equipamentos de protecção individual (botas, bata, luvas e máscara);
- Boletins de registo;
- Máquina fotográfica;
- Balança digital (+/- 0,1g, com capacidade máxima para 4000 g).

### III.3.3.Procedimentos

Após confirmação das datas de realização das campanhas, e dos dados relativos à metodologia utilizada, procedeu-se ao acompanhamento das campanhas de caracterização física dos RSU indiferenciados em cada Sistema. Na Figura II.35 apresentam-se duas imagens dos procedimentos efectuados numa das campanhas de caracterização dos RSU, semelhantes aos adoptados nas restantes.

Simultaneamente, procedeu-se à quantificação e caracterização das P&A usados, presentes nas amostras de RSU, em função do seu sistema químico e formato. Para o efeito, solicitou-se às equipas de caracterização dos RSU indiferenciados, a separação, por amostra realizada, de todas as pilhas portáteis usadas soltas nos RSU indiferenciados, bem como todos os resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) que pudessem conter P&A no seu interior. De forma a identificar os sacos de cada amostragem, foram fornecidas etiquetas, para preenchimento de dados relativos à amostra, como a quantidade amostrada de RSU indiferenciados em peso, a data e a origem. Na Figura II.36 e na Figura II.37 pode visualizar-se os sacos etiquetados, com as pilhas portáteis usadas, separadas das amostras de RSU indiferenciados, e exemplos de REEE que continham pilhas ou acumuladores no seu interior.

Com o objectivo de facilitar o trabalho destas equipas de caracterização e auxiliar na identificação do tipo de pilhas portáteis e REEE que se pretendia separados, preparou-se e enviou-se para todos os responsáveis pelas campanhas um catálogo de pilhas e acumuladores usados que se apresenta no Anexo D.

Realizaram-se sempre, e no mínimo, duas deslocações a cada um dos SMAUT. Uma, no início de cada campanha, para explicação ao responsável e à equipa de caracterização dos objectivos e do que se pretendia que fosse separado, e entrega dos sacos e etiquetas para colocação das pilhas portáteis e dos REEE separados. Outra, no final da campanha, para se proceder à quantificação, pesagem e classificação das P&A usados por sistema químico e por formato.



Figura II.35. Imagens de uma campanha de quantificação e caracterização física de RSU indiferenciados: preparação da amostra e triagem das componentes



Figura II.36. Amostras de P&A usados separados dos RSU indiferenciados



Figura II.37. Exemplos de resíduos de equipamentos electrónicos com P&A incorporados.

Considerando que os sacos etiquetados e separados pelas equipas de caracterização, com as P&A usados e REEE portáteis com pilhas no seu interior, seriam apenas referentes às amostras em que aparecessem, tornou-se necessário solicitar aos SMAUT as quantidades amostradas em cada amostra realizada que não contivesse estes resíduos, assim como a origem e data em que foram realizadas. Inicialmente optou-se por aguardar pelo fornecimento desta informação, no entanto, face à demora na disponibilização destes dados, optou-se por elaborar uma folha de registo de amostragens realizadas em cada campanha, de forma a registar os dados referentes a todas as amostragens realizadas. Esta folha de registo, apresentada em modelo no Anexo E, foi entregue no início da campanha, juntamente com os sacos e etiquetas, caso a duração da campanha o justificasse, ao responsável técnico pela campanha.

A caracterização das P&A usados presentes nas amostras foi realizada com recurso de um balança digital com precisão ao nível das 0,1 g. A utilização de uma balança desta precisão, permite de forma significativa reduzir o erro associado à medição da quantidade de P&A usados. Quando comparados com as restantes componentes presentes nos RSU, as pilhas apresentam uma quantidade em peso muito baixa, pelo que no normal funcionamento de uma campanha de caracterização de resíduos, em

que é utilizada uma balança com um erro associado na ordem dos kg, o erro seria bastante elevado. A utilização da balança referida permitiu reduzir o efeito desta condicionante.

Para o registo das pesagens realizadas durante a caracterização das P&A usados e REEE portáteis com pilhas incorporadas, separados durante a campanha pela equipa de caracterização em cada SMAUT estudado, foi elaborado um boletim de registo, cujo modelo é apresentado no Anexo F.

De acordo com o boletim de registo referido, considerou-se relevante avaliar, as P&A usados em peso e em número, assim como por sistemas químicos e formatos mais utilizados, definidos no capítulo II.1.7, referente à recolha e reciclagem de P&A. Ao nível dos sistemas químicos, inicialmente considerou-se caracterizar os sistemas primários por pilhas de zinco/carbono, alcalinas de manganês e lítio, sendo as outras referentes às pilhas tipo “botão”. Não foram diferenciadas este tipo de pilhas por sistema químico, em primeiro lugar devido ao estado de degradação das pilhas que não permitia na maioria das vezes identificar o código referente ao sistema químico, e por outro lado, a quantidade em peso destas pilhas mostrou-se irrelevante quando comparada com as restantes.

No caso das pilhas de lítio de formato cilíndrico, considerando que a quantidade encontrada foi irrisória, optou-se por incluir estas pilhas na categoria outras primárias. No caso das pilhas secundárias foram diferenciadas em acumuladores de níquel/cádmio, níquel/hidreto metálico e de íões de lítio. A categoria outras secundárias refere-se a possíveis acumuladores de chumbo que pudessem aparecer, assim como a acumuladores detectados, em que não foi possível identificar o sistema químico secundário. Quando uma pilha ou acumulador não eram identificados pelo tipo de sistema (i.e. primário ou secundário), foram incluídos na categoria não identificados.

Em termos de REEE com P&A incorporados, separados pelas equipas de caracterização, foi solicitado que não removesses as pilhas do seu interior.

O procedimento de caracterização das P&A usados, separados por amostras durante as campanhas de caracterização de resíduos, iniciava-se com a contabilização dos sacos etiquetados e a sua ordenação por data de amostragem. De seguida era realizado o registo da data, origem e quantidade de RSU amostrada na amostra referente. Cada saco com P&A era então aberto, sendo as P&A separadas em primeiro lugar por sistemas químicos, registando-se o peso correspondente e número de pilhas para cada sistema. De seguida era realizada novamente a separação das mesmas pilhas, mas por formatos, registando-se o número e o peso correspondente, no quadro correspondente aos formatos.

Em relação aos REEE separados com P&A no seu interior, estas seriam removidas do equipamento, realizando-se o mesmo procedimento de separação, contagem e pesagem por sistemas químicos e formatos, registando-se os dados obtidos no quadro referente às P&A incorporados em equipamentos do boletim de registo. No espaço para observações era feito uma breve descrição do(s) equipamento(s) (e.g. telemóvel, relógio de pulso, consola de jogos portátil, aspirador portátil), realizando assim também o registo do número e tipo de REEE com P&A incorporados presentes nos RSU indiferenciados.

Nos casos em que não seria possível à partida diferenciar os sistemas químicos de pilhas do mesmo formato, utilizou-se a tabela de pesos médios correspondentes a cada sistema químico e formato de P&A portáteis disponíveis na “Tabela de Ecovalores” do Guia de Procedimentos para produtores e Importadores referente a 2004, publicado pela Ecopilhas (2007a), que se apresenta no Anexo G.

Para estimar a taxa de contaminação e humidade das P&A usados presentes nos RSU indiferenciados foram realizadas duas metodologias. No primeiro caso, lavagem e posterior secagem à temperatura ambiente, até atingir peso constante, considerando deste modo as taxas de contaminação e de humidade e, no segundo caso, remoção da contaminação sem lavagem.

Inicialmente optou-se por realizar uma lavagem para remoção dos contaminantes e posterior secagem em estufa a 105°C. Devido ao estado de degradação e à possibilidade de libertação de gases ou rebentamento, a etapa de secagem foi feita à temperatura ambiente, num dos Laboratórios da FCT/UNL. Para determinação da taxa de humidade e de contaminação utilizaram-se as primeiras amostras provenientes da campanha realizada na RESAT (i.e. 50 pilhas primárias, sem acumuladores ou pilhas de lítio), que não foram consideradas neste estudo, devido ao facto de terem sido acumuladas as P&A usados separados de várias amostras de RSU e de recolha selectiva, não permitindo distinguir a proveniência das P&A usados.

Tendo em conta que o tempo de secagem das pilhas foi demorado, até a amostra atingir peso constante (cerca de um mês), e o facto das P&A ainda poderem estar carregadas e susceptíveis de ocorrência de curto-circuito aquando da fase de lavagem, definiu-se outra metodologia de determinação apenas da taxa de contaminação. Neste caso a contaminação foi removida a seco, utilizando para o efeito papel absorvente. Foram consideradas amostras provenientes da campanha realizada na Amave, que também não foram consideradas neste estudo, pela mesma razão que as da RESAT. Da amostra acumulada de 63 pilhas primárias, foram aleatoriamente retiradas 8 amostras de pilhas de forma a obter um peso uniforme por amostra de 200g. Posteriormente foi também determinada a taxa de contaminação de uma amostra proveniente da campanha realizada na Valsousa. Os resultados obtidos para a taxa de contaminação e humidade são apresentados no capítulo IV.6.

### III.4. Indicadores

Para analisar o fluxo de P&A usados em Portugal para o ano de 2007, tendo em conta a quantidade e características das P&A usados depositados nos RSU indiferenciados obtidos nas campanhas de caracterização e quantificação de RSU realizadas nos SMAUT, foram utilizados uma série de indicadores apresentados no Quadro II.21 e no Quadro II.22.

No Quadro II.21 são apresentados e definidos em termos de utilidade e método de cálculo, os indicadores propostos relativamente às quantidades médias de P&A usados e de REEE com P&A incorporados, para as amostras de RSU indiferenciados do total das campanhas de caracterização realizadas pelos SMAUT estudados. Os indicadores relativos às quantidades médias de P&A usados e de REEE com P&A incorporados por tonelada de RSU indiferenciados calculados para o total das amostras realizadas serão utilizados para estimar os indicadores apresentados no Quadro II.22, em conjunto com a produção de RSU indiferenciados estimada para 2007 e a taxa de contaminação obtida.

Quadro II.21. Indicadores de quantidades de P&A usados e de REEE com P&A incorporados nas campanhas de caracterização de resíduos

Indicador	Unidades	Definição	Método de cálculo e utilidade
Quantidade média de RSU indiferenciados caracterizados por amostra	kg	Quantidade média de RSU indiferenciados caracterizados por amostra, em peso	Este indicador permitirá estimar a quantidade média de P&A usados existente por tonelada de RSU indiferenciados. São calculados a partir dos resultados obtidos na análise estatística das amostras realizadas nas campanhas de caracterização de resíduos, relativamente à quantidade em de RSU indiferenciados caracterizados em cada amostra.
Quantidade média de P&A usados por amostra de RSU indiferenciados	g N.º	Quantidade média de P&A usados por amostra de RSU indiferenciados, em peso e em número	Estes indicadores permitirão estimar a quantidade média de P&A usados existente por tonelada de RSU indiferenciados. São calculados a partir dos resultados obtidos na análise estatística das amostras realizadas nas campanhas de caracterização de resíduos, relativamente à quantidade em peso e em número de P&A usados presentes em cada amostra.

(continua)



**Quadro III.3. Indicadores de quantidades de P&A usados e de REEE com P&A incorporados nas campanhas de caracterização de resíduos (continuação)**

Indicador	Unidades	Definição	Método de cálculo e utilidade
Composição física média das P&A usados depositados por amostra de RSU indiferenciados, por sistemas químicos e formatos	g N.º	Composição física das P&A usados por amostra de RSU indiferenciados, por sistemas químicos e formatos, em número e em peso	Estes indicadores permitirão estimar a quantidade média de P&A usados por tonelada de resíduos indiferenciados, por sistemas químicos e formatos.  São calculados a partir dos resultados obtidos na análise estatística das campanhas de caracterização de resíduos, relativamente à quantidade (em peso e em número) de P&A usados presentes em cada amostra, por sistemas químicos e formatos.
Quantidade média de P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados	% g/t N.º/t	Quantidade de P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados, em % em peso e em peso e número por t de RSU indiferenciado amostrada	Estes indicadores permitirão estimar a quantidade anual de P&A usados depositados pelos consumidores nos contentores de resíduos indiferenciados, geridos pelos SMAUT.  São calculados a partir dos resultados obtidos na análise estatística realizada aos dados obtidos na campanhas de caracterização de resíduos, relativamente à quantidade em peso e em número de P&A usados presentes em cada amostra dividida pela respectiva quantidade de RSU indiferenciados amostrados.
Composição física média das P&A usados depositados por tonelada de RSU indiferenciados, por sistemas químicos e formatos	g/t N.º/t	Composição física das P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados amostrada, por sistemas químicos e formatos, em número e em peso	Estes indicadores permitirão estimar a quantidade anual de P&A usados depositados pelos consumidores nos contentores de resíduos indiferenciados, por sistemas químicos e formatos. No que se refere à composição em peso de P&A usados por t de RSU indiferenciados amostrados irá ser comparada com os resultados obtidos em outras campanhas realizadas noutro países, apresentadas na revisão da literatura, assim como permitir estimar a quantidade de metais presentes nas P&A usados presentes em peso por tonelada de RSU indiferenciados amostrada.  São calculados a partir dos resultados obtidos na análise estatística das campanhas de caracterização de resíduos, relativamente à quantidade (em peso e em número) de P&A usados presentes em cada amostra, por sistemas químicos e formatos, dividida pela respectiva quantidade de RSU indiferenciados amostrados,
Quantidade média dos metais componentes das P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados, por sistema químico	gZn/t gHg/t gCd/t gNi/t gLi/t gFe/t	Quantidade média dos metais componentes das P&A usados (Zinco, Mercúrio, Cádmio, Ferro e Lítio) por tonelada de RSU indiferenciados, por sistema químico	Estes indicadores serão úteis para estimar a quantidade de metais componentes das P&A que são depositados nos RSU indiferenciados anualmente, no total e por sistema químico.  São calculados tendo em conta o indicador de composição física média das P&A usados depositados por tonelada de RSU indiferenciados, por sistemas químicos, multiplicando as concentrações de cada metal por tipo de sistema químico apresentadas na revisão da literatura.
Quantidade média de P&A incorporadas em REEE por tonelada de RSU indiferenciados	g/t N.º/t	Quantidade de P&A incorporadas em REEE por tonelada de RSU indiferenciados	Estes indicadores serão úteis para estimar a quantidade de P&A presentes em REEE, assim como o número de REEE com P&A usados no seu interior, que são depositados nos RSU indiferenciados anualmente.  São calculados a partir da
Quantidade média de REEE com P&A incorporados depositados nos RSU indiferenciados	N.º/t	Quantidade de REEE com P&A por tonelada de RSU indiferenciados	
Taxa de contaminação e humidade	%	Taxa de contaminação das P&A usados presentes nos RSU indiferenciados	Este indicador foi estimado a partir da metodologia apresentada no capítulo anterior

**Quadro II.22. Indicadores de produção e gestão de P&A e respectivos resíduos**

Indicador	Unidades	Definição	Método de cálculo e utilidade
Produção anual de RSU indiferenciados	t/ano	Produção anual de RSU indiferenciados em Portugal Continental	Este indicador permitirá estimar os quantitativos de P&A usados depositados nos contentores de deposição indiferenciada, em 2007. Considerando que não foram estudados os RSU indiferenciados das Regiões Autónomas, este indicador refere-se apenas aos RSU indiferenciados produzidos em Portugal Continental.  Tendo em conta a escassez de informação, optou-se por estimar este indicador, cujo procedimento se apresenta no capítulo seguinte.
Produção anual de RSU indiferenciados por SMAUT	t/ano	Produção anual de RSU indiferenciados nos SMAUT	Com este indicador será possível determinar a quantidade anual de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em cada SMAUT de Portugal Continental.  Ainda não foram disponibilizadas informações oficiais referentes a este indicador, para os anos de 2006 e 2007. Apenas foram disponibilizados dados referentes aos SMM, para 2006, pelo que não foi possível estimar este indicador e consequentemente as quantidades anuais de P&A usados depositados anualmente nos RSU indiferenciados, por SMAUT.
Quantidade média anual de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental	kg/ano N.º/ano	Quantidade média anual de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em peso e em número, em Portugal Continental	Estes indicadores permitem avaliar a quantidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em Portugal Continental.  São calculados a partir dos indicadores de quantidade de P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados, de taxa de contaminação (apenas no caso do quantidade anual em peso de P&A usados depositados nos RSU) e de produção anual de RSU indiferenciados.
Capitação média anual de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental	kg/hab.ano N.º/hab.ano	Quantidade anual de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental, por habitante	Estes indicadores permitem avaliar a quantidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em Portugal Continental por habitante.  São calculados a partir dos indicadores anteriores e da população de Portugal Continental em 2005

(continua)

Quadro III.4. Indicadores de produção e gestão de P&A e respectivos resíduos (continuação)

Indicador	Unidades	Definição	Método de cálculo e utilidade
Composição física média das P&A usados depositados anualmente nos RSU indiferenciados, em Portugal Continental, por sistemas químicos e formatos	kg/ano N.º/ano	Composição física das P&A usados depositados anualmente nos RSU indiferenciados, por sistemas químicos e formatos, em Portugal Continental	Estes indicadores estimam a quantidade de P&A usados (em peso e em número) por sistemas químicos e formatos depositados anualmente nos RSU indiferenciados, em Portugal Continental. Serão também comparados com composição de P&A vendidas em 2006, devido à falta de dados disponíveis referentes a 2007.  São calculados a partir dos indicadores relativos às quantidades médias de P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados calculados (em número e em peso), da estimativa da produção anual de RSU indiferenciados e no caso do peso de P&A usados também da taxa de contaminação.
Quantidade anual média de metais componentes das P&A usados enviados para eliminação final por sistema químico	kg/ano kgZn/ ano kgHg/ ano kgCd/ ano kgNi/ ano kgLi/ ano kgFe/ ano	Quantidade de metais componentes das P&A usados depositados anualmente em aterros sanitários, incinerados ou enviados para valorização orgânica, em Portugal Continental	Estes indicadores estimam a quantidade anual de metais componentes das P&A usados, em peso e por sistemas químicos e formatos, depositados anualmente nos RSU indiferenciados. Estas quantidades em peso médio são relevantes na quantificação de metais pesados, perigosos e também de metais secundários de valor económico que foram depositados anualmente em aterros sanitários, incinerados ou enviados para valorização orgânica, em Portugal Continental.  São calculados a partir dos indicadores de quantidade média de metais componentes das P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados por sistema químico, da taxa de contaminação e da estimativa da produção anual de RSU indiferenciados em Portugal Continental
Quantidade média de P&A incorporadas em REEE anualmente depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental	kg/ano N.º /ano	Quantidade de P&A incorporadas em REEE anualmente depositados nos RSU indiferenciados, em peso e em número	Estes indicadores estimam a quantidade anual de P&A incorporadas em REEE , em peso e em número, e de REEE com P&A incorporados, em número, depositados anualmente nos RSU indiferenciados. Com o actual sistema de gestão de REEE, que coloca ao dispor dos consumidores pontos de recolha selectiva de REEE, a quantidade estimada terá tendência a diminuir, assim como as P&A incorporados, que passarão a ser recolhidas através deste sistema de recolhas de REEE, podendo estes indicadores servir como situação de referência para o arranque desta recolha selectiva de REEE.
Quantidade média anual de REEE com P&A incorporados depositados nos RSU indiferenciados	N.º/ano	Quantidade anual de REEE com P&A incorporados depositados nos RSU indiferenciados, em número	São estimados a partir dos indicadores de quantidade média de P&A incorporadas em REEE (em número e em peso) e de REEE com P&A incorporadas (em número) por tonelada de RSU indiferenciados, de produção anual de RSU indiferenciados, e no caso da quantidade média de P&A incorporadas em REEE em peso, também da taxa de contaminação.
Quantidade de P&A vendidos anualmente em Portugal	kg/ano N.º /ano	Quantidade de P&A colocadas anualmente no mercado, declaradas pelos produtores/importadores de P&A aderentes ao SIPAU, em peso e em número	O indicador relativo às quantidades em peso é relevante para o cálculo das taxas de recolha selectiva de P&A usados, de acordo com a legislação em vigor e com o método de cálculo preconizado na Directiva Europeia 2006/157/CE, de 6 de Setembro,  Como estão apenas disponíveis estas quantidades para 2006, considerou-se que em 2007 a quantidade anual de P&A vendidos em Portugal, quer em número quer em peso, tiveram uma taxa de crescimento igual à de 2006. Valores utilizados no cálculo disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.
Peso médio por unidade de P&A vendidos anualmente em Portugal	kg/pilha	Peso médio por unidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados	Este indicador irá ser comparado com o peso por unidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em 2007, no sentido de avaliar as possíveis diferenças.  É calculado pela divisão do peso de P&A vendidos pelo número de P&A vendidos no mesmo ano.
Capitação anual de venda de P&A em Portugal	kg/hab.ano N.º /hab.ano	Quantidade de P&A colocadas anualmente no mercado português, por habitante, em peso e em número	Este indicador permitirá avaliar o consumo anual de P&A por habitante.  É calculado pela divisão do indicador anterior e da população residente em Portugal em 2005
Composição física das P&A vendidos anualmente por sistemas químicos	kg/ano N.º/ano	Composição física das P&A usados depositados anualmente nos RSU indiferenciados, por sistemas químicos, em peso e em número	Este indicador permitirá comparar os resultados obtidos com os resultados existentes na literatura, assim como comparar a composição de P&A vendidas em 2007. Como não estão disponíveis estas quantidades para 2007, considerou-se para comparação com as quantidades depositadas nos RSU, os valores disponíveis referentes a 2004, 2005, 2006 da quantidade de P&A vendidos por sistema químico, disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.
Quantidade anual de P&A usados recolhidos selectivamente em Portugal	kg/ano	Quantidade anual de P&A recolhidas selectivamente pelos vários canais de recolha, em Portugal, no âmbito do SIPAU, em peso	Indicador de eficiência do SIPAU, a ser utilizado para calcular a taxa de recolha de P&A usados em 2007. Valores disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.
Peso médio por unidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados	kg/pilha	Peso médio por unidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados	Este indicador irá ser comparado com o peso por unidade de P&A vendidos anualmente, no sentido de avaliar as possíveis diferenças.  É calculado pela divisão do peso de P&A usados pelo número de P&A usados depositados nos RSU em 2007.
Quantidade anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT	kg/ano	Quantidade anual de P&A recolhidas selectivamente pelos vários SMAUT, em Portugal, no âmbito do SIPAU, em peso	Indicador importante para avaliar a recolha selectiva de P&A realizada pelos SMAUT. Valores disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.
Quantidade anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT de Portugal Continental	kg/ano	Quantidade anual de P&A recolhidas selectivamente pelos vários SMAUT em Portugal Continental, no âmbito do SIPAU, em peso	Indicador importante para avaliar a recolha selectiva de P&A realizada pelos SMAUT em Portugal Continental. Valores disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.

(continua)

Quadro III.4. Indicadores de produção e gestão de P&A e respectivos resíduos (continuação)

Indicador	Unidades	Definição	Método de cálculo e utilidade
Quantidade anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT das Regiões Autónomas	kg/ano	Quantidade anual de P&A recolhidas selectivamente pelos SMAUT, nas Regiões Autónomas, no âmbito do SIPAU, em peso	Indicador importante para avaliar a recolha selectiva de P&A realizada pelos SMAUT nas Regiões Autónomas. Valores disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.
Capitação anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT de Portugal Continental	kg/hab.ano	Quantidade anual de P&A armazenados nos lares dos consumidores	Este indicador permitirá avaliar a quantidade anual de P&A usados depositados nos pilhões geridos pelos SMAUT de Portugal Continental, em peso e por habitante. É calculado a partir do indicador quantidade anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT de Portugal Continental e a população respectiva, tendo em conta os dados de 2005 disponíveis
Capitação anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT das Regiões Autónomas	kg/hab.ano	Quantidade anual de P&A armazenados nos lares dos consumidores	Este indicador permitirá avaliar a quantidade anual de P&A usados depositados nos pilhões geridos pelos SMAUT por habitante, em peso nas Regiões Autónomas. É calculado a partir do indicador quantidade anual de P&A usados recolhidos pelos SMAUT das Regiões Autónomas e a população respectiva, tendo em conta os dados de 2005 disponíveis
Quantidade de P&A usados enviados para reciclagem em Portugal	kg/ano	Quantidade de P&A enviadas anualmente para reciclagem, em Portugal, em peso	Este indicador é referente à quantidade de P&A usados enviados em 2007 para reciclagem. Valores disponibilizados pela Ecopilhas e apresentados na Revisão da Literatura.
Taxa anual de recolha de P&A usados em Portugal (legislação actual)	%	Taxa de recolha de P&A usados considerando o cálculo previsto na licença da Ecopilhas	Este indicador permite avaliar a quantidade anual de P&A usados recolhidos selectivamente do total de P&A vendidos anualmente em Portugal, segundo o cálculo previsto na licença da Ecopilhas. É calculado pela divisão da quantidade anual de P&A usados recolhidos selectivamente, pela estimativa de P&A vendidos em 2007.
Taxa anual de recolha de P&A usados em Portugal (legislação europeia)	%	Taxa de recolha de P&A usados considerando o cálculo previsto na Directiva 2006/157/CE de 6 de Setembro	Este indicador permite avaliar a quantidade anual de P&A usados recolhidos selectivamente do total de P&A vendidos anualmente em Portugal, segundo o cálculo previsto na Directiva 2006/157/CE de 6 de Setembro. É calculado pela multiplicação do indicador da quantidade de P&A usados recolhidos selectivamente em 2007 por 3, dividido pela soma das P&A vendidos em 2005, 2006 e estimados terem sido vendidos em 2007.
Quantidade de P&A armazenados nos lares dos consumidores	kg/ano	Quantidade de P&A armazenadas anualmente nos lares dos consumidores	Este indicador permite avaliar a quantidade de P&A usados armazenados nos lares dos consumidores. O valor obtido nesta estimativa inclui também quantidades desconhecidas, possivelmente pequenas de P&A usados depositados pelos consumidores portugueses nos contentores de recolha selectiva de embalagens e ainda as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, em 2007. É calculado pela diferença entre a quantidade de P&A vendidos anualmente em Portugal e a soma da quantidade de P&A usados recolhidos selectivamente em Portugal com a estimativa de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental.
Capitação anual de P&A armazenados nos lares dos consumidores	kg/hab.ano	Quantidade anual de P&A armazenados nos lares dos consumidores	Este indicador permite avaliar a quantidade anual de P&A armazenados nos lares dos consumidores. O valor obtido nesta estimativa inclui também quantidades desconhecidas, possivelmente pequenas de P&A usados depositados pelos consumidores portugueses nos contentores de recolha selectiva de embalagens e ainda as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados nas Regiões Autónomas, em 2007. É calculado a partir do indicador anterior e da população de Portugal disponível para o ano de 2005, tendo em conta os dados disponibilizados na literatura
Taxa de armazenamento anual de P&A usados	%	Taxa anual P&A armazenados nos lares dos consumidores	Este indicador permite avaliar a quantidade anual de P&A armazenados nos lares dos consumidores em percentagem do total das P&A vendidos em Portugal. O valor obtido nesta estimativa inclui também quantidades desconhecidas, possivelmente pequenas P&A usados depositados pelos consumidores portugueses nos contentores de recolha selectiva de embalagens e ainda as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados nas Regiões Autónomas, em 2007. Este indicador é calculado pela divisão do indicador estimado da quantidade de P&A usados armazenados nos lares portugueses, em peso, pela estimativa de P&A vendidos em Portugal, em 2007

### III.5. Amostra e caracterização dos Sistemas amostrados

Tal como já referido, foram acompanhadas 17 campanhas de quantificação e caracterização física de RSU em 12 SMAUT de Portugal Continental, tendo sido amostrados cerca de 90 toneladas de resíduos em 264 amostras. No Quadro II.23 apresenta-se as principais características das amostras caracterizadas pelos SMAUT e pela Equipa da FCT/UNL.



Quadro II.23. Características gerais das amostragens realizadas pelos SMAUT e acompanhadas pela Equipa da FCT/UNL

Sistema	Sub-sistema	Nº de amostras realizadas	Quantidade total amostrada (kg)	Quantidade média amostrada (kg)	Mínimo (kg)	Máximo (kg)	Desvio padrão (kg)	Erro (%)
Amave		45	7178,1	159,5	138,6	175,9	9,9	1,9
RESAT		14	7490,0	535,0	460,0	575,0	33,7	3,6
RESIDOURO		20	10912,0	545,6	490,0	690,0	52,7	4,5
Ambilital		7	1338,0	191,1	108,9	222,9	39,0	18,9
Vale do Douro Norte	EMAR VR	12	2559,0	211,4	104,5	285,0	61,1	18,4
	Restantes Concelhos	6	1000,0	166,7	83,0	205,0	44,6	28,1
	Palmela	16	8384,0	524,0	475,0	590,0	31,0	3,1
AMARSUL	Seixal	16	8473,0	529,6	480,0	560,0	25,9	2,6
	Setúbal	8	4330,0	541,3	505,0	590,0	27,2	4,2
SULDOURO		20	10090,8	504,5	501,3	514,1	4,0	0,4
Valsousa	Lustosa	15	5498,8	366,6	355,0	385,5	7,9	1,2
	Penafiel	9	3278,4	364,3	352,8	401,1	15,6	3,3
Amcal		10	663,0	66,3	46,0	93,0	17,1	18,4
Resiurb		6	2260,0	372,1	350,0	400,0	22,2	6,3
ALGAR	Sotavento	20	7383,6	369,2	347,4	439,0	18,8	2,4
	Barlavento	20	7298,4	364,9	353,0	384,5	10,5	1,3
Amtres		20	2261,7	113,1	100,7	133,8	8,6	3,6
Total		264	90398,8	342,4	46,0	690,0	167,3	5,9

Considerando os dados oficiais disponíveis, apenas são conhecidos os quantitativos de produção de RSU para o ano de 2005. De facto não foi possível conhecer os quantitativos de 2005, 2006 e 2007 de recolha indiferenciada realizada por SMAUT.

As características dos SMAUT analisados, em relação à tipologia, população servida, área abrangida produção de resíduos, e recolha selectiva multimaterial para o ano de 2005, são apresentados no Quadro II.24 (APA, 2008). Neste mesmo quadro apresentam-se as percentagens de RSU produzidos (31,7%), a população servida (31,5%) e a área (26,3%) abrangida pelos SMAUT analisados. Desta forma a composição de P&A usados determinada pela metodologia de quantificação proposta, terá de ser transposta para os restantes SMAUT.

Tendo em conta que não estão disponíveis os quantitativos de recolha indiferenciada por SMAUT, para os últimos três anos e em especial para o ano de 2007, assumiu-se que o peso em percentagem dos RSU recolhidos indiferenciadamente pelos SMAUT seria semelhante ao previsto para a produção de RSU, de modo a determinar o peso de cada SMAUT na recolha indiferenciada total. Assumiu-se também que estes pesos não iriam variar significativamente de 2005 para 2007.

Quadro II.24. Características gerais dos SMAUT analisados em 2005 (APA, 2008b; INR, 2006)

Tipologia	Sistema	População (hab)	Área (km²)	Produção de RSU (t)	Recolha Selectiva Multimaterial (t)	Densidade Populacional (hab/km²)	Capitação RSU (kg/hab.ano)
3	Amave	474.967	889	175.559	14.171	534	370
2	Ambisousa	329.786	764	125.604	7.737	432	381
3	SULDOURO	431.713	384	175.160	12.167	1.124	406
1	RESAT	103.789	2.922	37.820	2.399	36	364
2	Vale do Douro Norte	109.191	1.270	41.324	1.475	86	378
1	RESIDOURO	112.747	1.715	34.745	1.003	66	308
3	AMARSUL	735.985	1.520	347.722	24.631	484	472
1	Ambilital	99.248	6.408	58.741	1.823	15	592
1	Amcal	26.102	1.704	13.287	905	15	509
2	Resiurb	120.468	2.941	62.033	1.477	41	515
2	ALGAR	398.370	4.988	301.663	14.697	80	757
3	Amtres	786.580	753	467.862	107.677	1.045	595
	<b>Total</b>	<b>2.924.193</b>	<b>23.852</b>	<b>1.493.798</b>			<b>409</b>
	<b>Portugal Continental</b>	<b>9.296.806</b>	<b>90.861</b>	<b>4.712.458</b>			<b>502</b>
	<b>Percentagem (%)</b>	<b>31,5%</b>	<b>26,3%</b>	<b>31,7%</b>			

Após o cálculo dos pesos (%) respectivos a cada SMAUT, tendo em conta a produção de RSU em 2005, foram somados os pesos respectivos aos SMAUT analisados. A percentagem em peso dos SMAUT analisados não chega aos 50%, mesmo considerando a campanha de caracterização de resíduos realizadas na VALORSUL em 2006, e na qual foram contabilizadas as P&A. Neste caso o peso dos SMAUT analisados chega aos 48%, valor que se considerou suficiente para efeitos de estimativa da média nacional (só continente) de P&A presentes nos RSU indiferenciados em 2007.

Como se verificou que apesar de incluir os valores da Valorsul, a percentagem de P&A não variou muito (aumento de 0,002% na percentagem de P&A usados nos RSU), optou-se por incluir este valor, embora não se tenha considerado o erro associado a esta medição, por falta de informação sobre o mesmo, informação que seria importante para estimar um intervalo de quantidade mínima e máxima de P&A usados encontrados nos RSU.

Considerando também os pesos correspondentes à produção de resíduos por tipologia de SMAUT, no âmbito da avaliação dos resultados obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos foi também ponderada a hipótese de avaliar as semelhanças ou diferenças entre os SMAUT de diferentes tipologias. O objectivo será aplicar uma média aos restantes SMAUT da mesma tipologia, de forma a estimar uma quantidade de P&A usados com maior precisão.

Para se poder comparar os resultados obtidos nos SMAUT analisados por tipologia, torna-se necessário averiguar a plausibilidade de distribuição normal em cada campanha realizada para as quantidades de P&A usados obtidas. Desta análise constatou-se que os valores obtidos de P&A usados nos RSU, na maioria das campanhas, apresentam uma distribuição normal. Considerando as amostras relativas aos sistemas de cada tipologia (1-rural, 2-mista, 3-urbana), verificou-se que nos três casos a da proporção de P&A usados nos RSU indiferenciados dos SMAUT de tipologias diferentes, não apresenta uma distribuição normal. O mesmo se verificou para a amostra compósita correspondente ao total das amostras realizadas pelos SMAUT estudados.

Desta forma, procedeu-se a uma análise estatística utilizando técnicas não paramétricas (considerando que as amostras de sistemas da mesma tipologia não assumem a normalidade da distribuição da proporção de P&A usados nos RSU indiferenciados) para as amostras de sistemas de tipologias diferentes, que indicou que as diferentes amostras em comparação (por tipologia) apresentam a mesma distribuição ou distribuições com a mesma mediana, com 95% de confiança.

Pelo facto dos resultados da análise estatística utilizando testes não paramétricos, indicarem que não existem diferenças estatisticamente significativas entre tipologias, optou-se por considerar os resultados obtidos no total das campanhas como uma amostra compósita.

Face ao exposto e considerando a falta de dados relativamente à recolha indiferenciada de 2006 e 2007, para cada SMAUT, e o facto de a percentagem de P&A usados considerando o valor disponibilizado pela VALORSUL não alterar significativamente a média da percentagem de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados obtida para a amostra compósita, optou-se por utilizar valores obtidos da análise estatística efectuada ao total das amostras realizadas e considerar estes valores como uma média do total dos SMAUT em Portugal Continental. Os indicadores resultantes dos dados obtidos nas campanhas de caracterização, foram assim aplicados no cálculo da estimativa de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, atenuando também o erro associado e tornando a estimativa em objecto mais precisa.

Para estimar a quantidade, em peso, de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em 2007, aplicou-se ao valor estimado de RSU indiferenciados produzidos em 2007, o valor percentual médio obtido nas campanhas realizadas em 2007 e respectiva taxa de contaminação.

A estimativa dos RSU indiferenciados produzidos em 2007 foi determinada a partir da quantidade total de RSU indiferenciados recolhidos em 2005 (4.065.294 t) e das taxas de crescimento da produção de RSU previstas no PERSU II (MAOTDR, 2007), que são de 1,84%, para 2006, e 1,80%, para 2007.

Tendo em conta que à data ainda não estão disponíveis as quantidades de P&A usados vendidos, por sistemas químicos, em peso e em número, para 2007, optou-se por estimar apenas a quantidade total de P&A usados colocados no mercado português. Nesta estimativa foi utilizada a quantidade disponível para 2006 e aplicada uma taxa de crescimento igual à observada para o ano de 2006, quer para o número de unidades vendidas (6,92%) quer para o peso do número de unidade vendidas (1,43%). Utilizando este indicador será possível estimar as quantidades P&A usados no fluxo de P&A, taxas e capitação de recolha selectiva, reciclagem e armazenamento nos lares dos portugueses.

### III.6. Tratamento dos Resultados

Utilizou-se o *software* MS Excel™ da versão Office 2007, para o tratamento estatístico dos resultados obtidos nas campanhas de quantificação e caracterização das P&A usados, e determinação dos indicadores apresentados no capítulo referente aos indicadores, nomeadamente os seguintes:

- Quantidade de P&A (g)
- Quantidade de P&A (N.º)
- Quantidade de P&A (%)
- Quantidade de P&A por tonelada de RSU (g/t)
- Quantidade de P&A por tonelada de RSU (N.º/t)
- Quantidade de REEE com P&A por amostra (N.º)
- Quantidade de REEE com P&A por tonelada de RSU (N.º/t)
- Quantidade de P&A por sistemas químicos (g/t)
- Quantidade de P&A por formatos por tonelada de RSU (g/t)
- Quantidade de P&A por sistemas químicos por tonelada de RSU (N.º/t)
- Quantidade de P&A por formatos por tonelada de RSU (N.º/t)
- Quantidade de P&A soltos vs incorporadas em REEE por tonelada de RSU (g/t)
- Quantidade de P&A soltos vs incorporadas em REEE por tonelada de RSU (N.º/t)
- Quantidade de REEE com P&A incorporados por categoria de EEE por tonelada de RSU (N.º/t)

No que se refere à análise estatística realizada, utilizaram-se os parâmetros estatísticos indicados no Quadro II.25, e no qual se especificam as fórmulas utilizadas.

No que diz respeito à averiguação da plausibilidade da distribuição Normal dos valores obtidos nas campanhas de caracterização, foi utilizado o *software* STATISTICA para o Windows (versão 6.0) (StatSoft, 2001). Para averiguar a plausibilidade da normalidade da proporção da percentagem de P&A usados na população, relativamente aos RSU indiferenciados, realizaram-se os seguintes testes, utilizando o referido programa (StatSoft, 2001):

- Shapiro-Wilk W: se a estatística W é significativa, então a hipótese nula, que a distribuição da população subjacente à variável é Normal, deve ser rejeitada;
- Kolmogorov-Smirnov: este teste assume que se conhece a média e variância da população e baseia-se na diferença máxima entre a distribuição acumulada da amostra e uma distribuição acumulada hipotética. Se a estatística D é significativa, então a hipótese nula, que a distribuição da população subjacente à variável é Normal, deve ser rejeitada;

- H. Lilliefors: aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov quando a média e o desvio padrão da distribuição Normal hipotética não são conhecidas. Estes são estimados a partir da amostra.

Considerando os resultados obtidos nos testes referidos, utilizou-se este programa para averiguar a existência de diferenças estatisticamente significativas nos resultados obtidos nas amostras de diferentes tipologia de SMAUT. Deste modo foi realizada uma análise indutiva, de modo a inferir sobre as relações causais que se estabelecem entre variáveis, neste caso a tipologia de cada Sistema e os resultados obtidos da quantidade de P&A usados nos RSU indiferenciados em percentagem.

Para averiguar a existência de diferenças estatísticas significativas nos resultados obtidos entre Sistemas de tipologias diferentes, foram utilizados os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis ANOVA e o teste a mediana, através do programa STATISTICA.

O objectivo destes testes é verificar se a distribuição assumida pelas amostras compósita por tipologias, apresentam a mesma distribuição ou distribuições com a mesma mediana, indicando assim se existem diferenças estatisticamente significativas entre amostras (StatSoft, 2001).

Quadro II.25. Parâmetros estatísticos calculados (Carvalho, 2005 *fide* Guimarães & Cabral, 1997; Reis, 2002; CE, 2004a).

Parâmetro	Abreviatura	Unidade	Definição	Fórmula
tamanho da amostra	n	valor absoluto	número de unidades de amostragem	
mínimo da amostra	min	%	menor valor da amostra relativamente a um dado componente	
máximo da amostra	max	%	maior valor da amostra relativamente a um dado componente	
média aritmética da amostra	$\bar{x}$	%	soma de todos os valores da amostra divididos pelo número de unidades de amostragem	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
mediana da amostra	$\tilde{x}$	%	se n é ímpar a mediana corresponde ao valor que ocupa a posição central quando os valores estão ordenados; se n é par a mediana corresponde à média entre os valores centrais na ordenação	
desvio padrão da amostra	s	%	raiz quadrada da média dos quadrados do desvio dos valores face à sua média	$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
coeficiente de variação da amostra	coef var (x)	%	medida relativa da variabilidade em que o desvio padrão é expresso como uma percentagem da média	$(s / \bar{x}) \cdot 100$
coeficiente de variação da média	coef var ( $\hat{X}$ )	%	medida relativa da variação que descreve o desvio da proporção da amostra da verdadeira proporção da população	$\text{coef var}(x) / \sqrt{n}$
coeficiente de confiança	$t_{0.05;n-1}$	%	valor t na distribuição t de Student com uma probabilidade de erro de 0.05 e n-1 graus de liberdade	valor tabelado
intervalo de confiança	IC	%	intervalo de confiança, para o valor esperado, de 95%, é um intervalo de valores que incluirá, com probabilidade 0.95, o valor do parâmetro da população	$\bar{x} \pm \bar{x} \cdot e$
Erro	e	%	descreve a incerteza da estimativa e descreve a largura do intervalo de confiança a um nível de confiança de 95%	$t_{0.05;n-1} \cdot \text{coef var}(\hat{X})$

## **IV. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **IV.1. Aspectos gerais**

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos realizadas pelos SMAUT estudados, relativamente às quantidades de P&A usados presentes nas amostras de RSU indiferenciados, assim como a taxa de contaminação e a estimativa de quantidade de resíduos de P&A presentes nos RSU.

Inicialmente é feita uma análise estatística aos resultados obtidos, com o objectivo de avaliar a normalidade da distribuição dos resultados obtidos, assim como uma descrição dos parâmetros estatísticos mais importantes. Considerando a possibilidade de existência de diferenças estatísticas significativas entre SMAUT de tipologias diferentes, apresenta-se também neste capítulo uma análise indutiva aos resultados obtidos de percentagem de P&A nos RSU indiferenciados, através de uma análise de variância. De seguida apresentam-se os resultados obtidos e os indicadores propostos na metodologia calculados, tendo em conta os resultados obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos.

Por fim, utilizando os indicadores referidos na metodologia e referentes à produção anual de P&A, a taxa de contaminação e a produção de RSU indiferenciados estimada para 2007, é feita uma estimativa das características e quantidades de P&A usados colocados no RSU indiferenciados neste ano. Com este valor, realiza-se uma análise do fluxo de P&A referente ao ano de 2007, no qual é estimada a taxa de recolha de P&A usados atingida, e consequentemente a taxa de armazenamento de P&A nos lares dos portugueses e que poderão também ter sido depositados juntamente com os resíduos de embalagens.

### **IV.2. Análise estatística aos resultados obtidos nas campanhas de quantificação e caracterização de P&A**

Tal como referido na metodologia, realizou-se uma análise estatística para averiguar da normalidade da distribuição dos resultados obtidos nas campanhas de caracterização dos RSU realizadas pelos SMAUT.

De acordo com o Teorema do Limite Central, com o aumento do número de amostras para uma qualquer população com variância finita, a distribuição da média amostral calculada com base numa amostra aleatória simples tende para uma distribuição Normal, à medida que a dimensão da amostra cresce. Deste modo, se o número total de dados for suficientemente elevado, qualquer que seja a forma da distribuição original, as variáveis soma ou média amostral têm uma distribuição aproximadamente Normal. De forma geral, o que se pretende determinar é se o número de amostras realizadas é suficiente para que a distribuição Normal seja uma boa aproximação da distribuição da variável soma ou média amostral (Guimarães & Cabral, 1997 *vide* Carvalho, 2005).

A hipótese a testar é pois se a proporção da população P&A usados em % do peso de RSU indiferenciados tem uma distribuição Normal. No Quadro IV.1 apresentam-se os resultados dos testes realizados para aferir a normalidade da população, neste caso da percentagem de P&A nos RSU indiferenciados, sendo apresentados no Anexo H os respectivos histogramas. Realizou-se também este teste para o conjunto das amostras realizadas no total das campanhas, considerando-se desta forma como uma amostra compósita, assim como para as amostras realizadas por SMAUT da mesma tipologia.

De acordo com os valores apresentados no Quadro IV.1, considerando o valor de  $p$  (grau de significância) do teste da hipótese enunciada, no caso do teste de Kolmogorov Smirnov, rejeita-se com 95% de confiança de que a população segue uma distribuição normal, nos casos da Amcal, ALGAR Barlavento, assim como a Amave, Vale do Douro Norte - EMAR VR e Valsousa-Lustosa. Em alguns destes casos será previsível este resultado devido ao pequeno número de amostras realizadas. No que se refere às restantes não se rejeita esta hipótese. No caso da amostra compósita, e das amostras compósitas de cada tipologia de SMAUT a proporção da população de P&A usados não apresenta uma distribuição normal. Em relação aos restantes testes realizados, no caso do Shapiro-Wilk W, a hipótese nula só não é rejeitada nos casos da RESAT e AMARSUL- Seixal, enquanto que no teste de Lilliefors, a não se rejeita a hipótese nula apenas para a campanha realizada pela RESAT.

Quadro IV.1. Resultados dos testes realizados à normalidade da proporção da população P&A

Sistema	Sub-sistema	Shapiro-Wilk W		Kolmogorov Smirnov		Lilliefors
		W	p	d	p	p
Amave		0,753	0,0000	0,216	<0,05	<0,01
RESAT		0,919	<b>0,2170</b>	0,183	<b>&gt;0,20</b>	<b>&gt;0,20</b>
RESIDOURO		0,792	0,0006	0,234	<b>&lt;0,20</b>	<0,01
Ambilital		0,755	0,0144	0,315	<b>&gt;0,20</b>	<0,05
Vale do Douro Norte	EMAR VR	0,608	0,0000	0,444	<0,05	<0,01
	Restantes Concelhos	0,620	0,0008	0,378	<b>&gt;0,20</b>	<0,01
AMARSUL	Palmela	0,648	0,0005	0,283	<b>&lt;0,15</b>	<0,01
	Seixal	0,842	<b>0,1054</b>	0,249	<b>&gt;0,20</b>	<0,05
	Setúbal	0,710	0,0030	0,266	<b>&gt;0,20</b>	<0,01
		0,683	0,0000	0,231	<b>&gt;0,20</b>	<0,05
SULDOURO		0,628	0,0000	0,371	<0,05	<0,01
Valsousa	Lustosa	0,628	0,0000	0,371	<0,05	<0,01
	Penafiel	0,691	0,0011	0,339	<b>&lt;0,20</b>	<0,05
Amcal		0,366	0,0000	0,524	<0,01	<0,01
Resiurb		0,742	0,0160	0,336	<b>&gt;0,20</b>	<0,05
ALGAR	Sotavento	0,840	0,0003	0,247	<b>&lt;0,15</b>	<0,01
	Barlavento	0,331	0,0000	0,331	<0,01	<0,01
Amtres		0,344	0,0000	0,344	<0,05	<0,01
Amostra compósita		0,611	0,0000	0,283	<0,01	<0,01
Amostra compósita - tipologia 1 (rural)		0,719	0,0000	0,244	<0,01	<0,01
Amostra compósita - tipologia 2 (mista)		0,558	0,0000	0,306	<0,01	<0,01
Amostra compósita - tipologia 3 (urbana)		0,593	0,0000	0,283	<0,01	<0,01

Considerando os parâmetros estatísticos referidos na metodologia, o Quadro IV.2 apresenta a análise estatística realizada para cada campanha, para a % do total de P&A usados nos RSU, incluindo-se também os resultados para a amostra compósita. Pode-se observar neste Quadro que a média das P&A usados presentes nos RSU varia entre 0,004%, no caso da Amcal, e 0,055%, no caso da RESAT e da Ambilital. Em relação à mediana, em todos os casos, observa-se que é inferior à média, significando que a distribuição dos dados é desviada para a direita, donde a maioria dos valores obtidos de peso P&A usados em percentagem do peso de RSU amostrados. Relativamente o desvio padrão com excepção da RESAT, apresenta valores superiores à média, indicando uma dispersão relativamente elevada dos valores em torno da média aritmética. Um coeficiente de variação superior a 50% indica um alto grau de dispersão relativa e, consequentemente, da pequena representatividade da média como medida estatística (Reis, 2002). Em todos os casos os valores do coeficiente de variação são superiores a 50%, sendo a RESAT o caso em que este valor atingiu apenas 80%.

No caso da amostra compósita, verifica-se que apresenta um erro inferior (cerca de 21,1%) em relação aos restantes sistemas, logo uma incerteza inferior, apesar de apresentar um coeficiente de variação da amostra elevado, o que indica uma maior variabilidade dos dados. Ainda em relação ao total das amostras realizadas pelos Sistemas, pode-se considerar com 95% de confiança que a percentagem real de P&A usados nos RSU se encontra no intervalo entre 0,020% e 0,030%, estimando-se em média que esta percentagem seja de 0,025%.

Quadro IV.2. Análise estatística das campanhas de quantificação e caracterização de P&A presentes nos RSU indiferenciados.

Quantidade de P&A (%)	N.º de amostras	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coefficiente de Variação da amostra	Coefficiente de variação da média	Coefficiente de confiança	Intervalo de confiança				Erro	
Amave	45	0,000	0,140	0,032	0,017	0,040	1,269	0,000	2,015	0,032	%	±	0,012	%	0,381
RESAT	14	0,000	0,160	0,055	0,040	0,044	0,814	0,000	2,160	0,055	%	±	0,026	%	0,470
RESIDOURO	20	0,000	0,140	0,032	0,017	0,040	1,269	0,000	2,015	0,032	%	±	0,012	%	0,381
Ambital	7	0,011	0,175	0,055	0,021	0,062	1,135	0,000	2,447	0,055	%	±	0,058	%	1,050
Vale do Douro Norte - EMAR VR	12	0,000	0,236	0,047	0,000	0,084	1,782	0,000	2,201	0,047	%	±	0,053	%	1,132
Vale do Douro Norte - Restantes Concelhos	6	0,000	0,158	0,033	0,006	0,062	1,917	0,000	2,571	0,033	%	±	0,066	%	2,012
AMARSUL Palmela	16	0,000	0,040	0,006	0,000	0,011	1,741	0,000	2,131	0,006	%	±	0,006	%	0,928
AMARSUL Seixal	16	0,000	0,024	0,007	0,006	0,008	1,112	0,000	2,131	0,007	%	±	0,004	%	0,592
AMARSUL Setúbal	8	0,000	0,046	0,010	0,003	0,016	1,603	0,000	2,365	0,010	%	±	0,013	%	1,340
SULDOURO	20	0,000	0,193	0,033	0,020	0,044	1,348	0,000	2,093	0,033	%	±	0,021	%	0,631
Valsousa Lustosa	15	0,000	0,032	0,006	0,000	0,011	1,808	0,000	2,145	0,006	%	±	0,006	%	1,001
Valsousa Penafiel	9	0,000	0,056	0,011	0,000	0,019	1,683	0,000	2,306	0,011	%	±	0,015	%	1,294
Amcal	10	0,000	0,037	0,004	0,000	0,012	3,162	0,000	2,262	0,004	%	±	0,008	%	2,262
Resiurb	6	0,004	0,057	0,026	0,021	0,024	0,909	0,000	2,571	0,026	%	±	0,025	%	0,954
ALGAR Sotavento	20	0,000	0,096	0,024	0,013	0,026	1,070	0,000	2,093	0,024	%	±	0,012	%	0,501
ALGAR Barlavento	20	0,000	0,045	0,010	0,000	0,016	1,653	0,000	2,093	0,010	%	±	0,007	%	0,774
Amtres	20	0,000	0,298	0,041	0,012	0,077	1,882	0,000	2,093	0,041	%	±	0,036	%	0,881
Amostra Compósita	264	0,000	0,298	0,025	0,009	0,043	1,743	0,000	1,969	0,025	%	±	0,005	%	0,211





### IV.3. Análise das P&A por tipologia de SMAUT

Utilizou-se o programa STATISTICA para averiguar se as diferenças entre os resultados obtidos por SMAUT, na variável percentagem de P&A usados nos RSU indiferenciados, nomeadamente entre Sistemas de tipologias diferentes, são ou não estatisticamente significativas. Foi realizada uma análise de variância utilizando os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis ANOVA e da mediana, para variáveis contínuas, não tendo sido utilizada o teste paramétrico ANOVA, pois as amostras compósitas por tipologia rejeitaram a hipótese de normalidade da distribuição da proporção da variável.

Na Figura IV.1 apresenta-se o gráfico de caixas para a variável percentagem de P&A usados nos RSU indiferenciados, comparando os resultados obtidos entre Sistemas de diferentes tipologias, respectivamente para os Sistemas considerados nesta análise de tipologia 1- rural (i.e. RESAT, RESIDOURO e Ambital e Amcal), de tipologia 2 - misto (i.e. Vale do Douro Norte, Valsousa, Resiurb e ALGAR) e de tipologia 3 – urbano (i.e. Amave, AMARSUL, SULDOURO e Amtres).

As médias dos resultados obtidas para os Sistemas de tipologias 1, 2 e 3, apresentam valores entre os 0,0255% no último caso e 0,0279% no primeiro caso. Na Figura IV.1, pode-se observar que os SMAUT de tipologia 1 (i.e. rural) considerados nesta análise apresentam em média uma percentagem de P&A usados superior à dos Sistemas de tipologia 2 e 3.

Estes valores indicam que nos Sistemas de Gestão de Resíduos rurais a quantidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados é superior à dos Sistemas de tipologia mista ou urbana. Seria de esperar que nestes últimos, a percentagem de P&A usados nos RSU indiferenciados pudesse ser superior, visto que no meio urbano a utilização de P&A e de EEE é consideravelmente maior. No entanto, verifica-se que nos Sistemas de tipologia rural esta percentagem é superior, possivelmente por os pilhões serem inexistentes ou localizarem-se a maior distâncias das residências das populações rurais, comparativamente aos SMAUT de tipologia mista ou urbana, nos quais existem pilhões em maior número e com maior proximidade.

Nesta análise foram consideradas 51 amostras para os Sistemas de tipologia 1, 88 amostras de Sistemas de tipologia 2 e 125 de tipologia 3, pelo que o número de amostras consideradas não é equilibrado entre tipologias, o que poderá ter alguma influência nesta análise comparativa.

A hipótese nula considerada no teste Kruskal-Wallis ANOVA é que todas as amostras compósitas por tipologia assumem distribuições da variável iguais ou distribuições com a mesma mediana. Foi obtido nesta análise que a função  $H(2, 264) = 3,47$ , com um grau de significância de 0,17, o que indica que a hipótese nula não é rejeitada e que não existem diferenças estatisticamente significativas nas amostras compósitas entre cada tipologia, com 95% de confiança.

A hipótese nula considerada no teste de mediana é que todas as amostras compósitas por tipologia assumem distribuições da variável com a mesma mediana. Este teste é uma versão mais simplista e menos robusta do teste anterior, em que o programa apenas conta o número de casos em cada amostra compósita que estão acima ou abaixo do valor da mediana obtido para o total das amostras (Statsoft, 2001). Neste caso foi obtido que a função  $\chi^2(2, 264) = 6,86$  para um grau de significância de 0,032, indicando que a hipótese nula é rejeitada e que existem diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de cada tipologia.

Tendo em conta a falta de concordância entre os resultados dos dois testes estatísticos optou-se por considerar como mais fiável o primeiro teste, uma vez que é referenciado na literatura como mais robusto. Deste modo considerou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de diferentes tipologias.

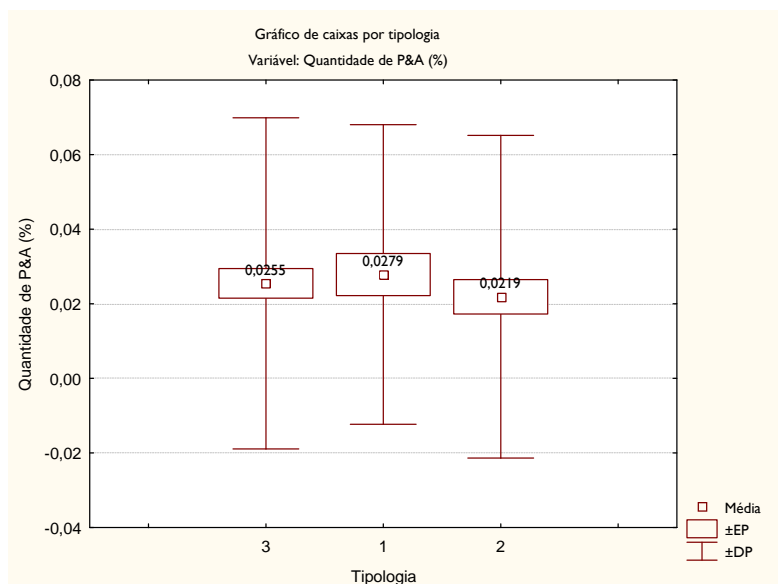


Figura IV.1. Gráfico de caixas referente à quantidade de P&A usados, em percentagem do peso de RSU indiferenciados nas amostras compósitas de cada tipologia

Do mesmo modo se aplicaram estes testes estatísticos não paramétricos para a variável de quantidade em número de REEE com P&A usados incorporados presentes por tonelada de RSU indiferenciados, considerando as amostras compósitas por tipologia de SMAUT. No teste de Kruskal-Wallis ANOVA, foi obtido que a função  $H(2, 264) = 10,66$  com um grau de significância de 0,048, rejeitando assim a hipótese nula. No caso do teste da mediana foi obtido que a função  $\chi^2(2, 264) = 11,10$  para um grau de significância de 0,039, indicando que a hipótese nula é rejeitada. Ambos os testes indicam com 95% de confiança que relativamente para esta variável existem diferenças estatisticamente significativas entre a distribuição da média e da mediana da proporção de REEE com P&A incorporados por tonelada de RSU indiferenciado amostrado de cada tipologia.

No gráfico de caixas apresentado na Figura IV.2, pode-se observar que relativamente a esta variável, a média obtida para a tipologia I-rural foi a mais baixa atingida com apenas 0,18 REEE/t de RSU indiferenciado, quando comparadas com os valores obtidos para as amostras compósitas de sistemas de tipologia 2 (1,04 REEE/t) e 3 (1,11 REEE/t), contrariamente à variável anteriormente estudada. Tal como na variável anterior existe um desvio acentuado dos valores em relação à media.

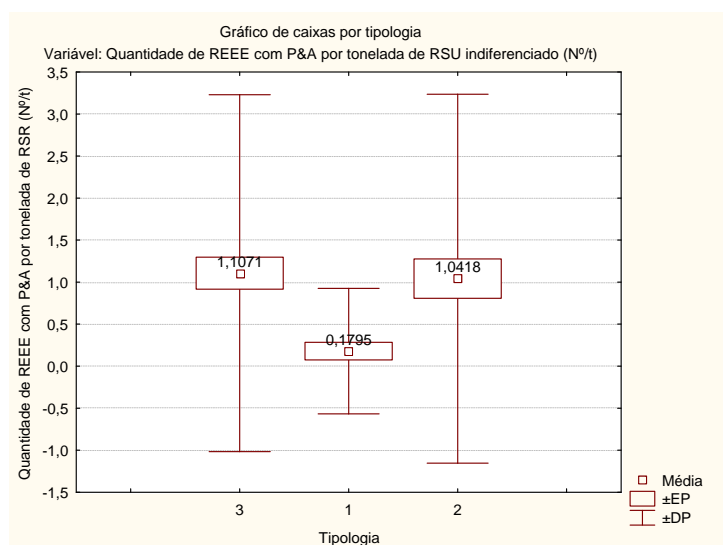


Figura IV.2. Gráfico de caixas referente à quantidade de REEE com P&A incorporados por tonelada de RSU indiferenciados nas amostras compósitas de cada tipologia

Tendo em conta os resultados obtidos nesta análise comparativa, pode-se concluir com um grau de 95% de confiança que não existem diferenças significativas entre os valores obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos realizadas pelos SMAUT estudados, relativamente à variável percentagem de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados.

#### **IV.4. Quantidade e tipo de pilhas e acumuladores presentes nas amostras de RSU indiferenciados**

As P&A usados presentes nas amostras de RSU indiferenciados caracterizadas pelos SMAUT foram classificadas pela equipa da FCT/UNL em função dos seus diferentes sistemas químicos e formatos.

O total de número de unidades e peso das P&A usados quantificados e caracterizados por sistema químico e formatos, presentes nessas amostras, apresentam-se no Quadro IV.3. No total das cerca de 90 toneladas de RSU indiferenciados amostradas, foram contabilizadas 727 P&A usados, o que correspondeu a um peso total de 20,35 kg.

Pode verificar-se, no Quadro IV.3 que em termos de número de unidades, as P&A usados presentes em maior número, nas amostras das campanhas realizadas pelos SMAUT estudados, são as pilhas primárias. Do total contabilizado (727), 95,5% são primárias, 4,1% são secundárias e 0,4% não se conseguiram identificar, devido ao seu estado de degradação. Das pilhas primárias, 48,6% são alcalinas, 43,2% são de zinco-carbono e 8,2% foram incluídas na categoria outras e incluem as pilhas botão de diversos sistemas químicos. Dentro das pilhas secundárias predominam as de níquel/cádmio (70,0%), seguindo-se as de níquel/hidreto metálico com 16,7 % e as de iões lítio com 13,3%.

No Quadro IV.3 apresenta-se também a distribuição percentual do peso das P&A usados contabilizados pelos diferentes sistemas químicos. Dos 20,35 kg de P&A usados caracterizados, 93,5% são pilhas primárias, 6,0% secundárias e 0,5% não foram identificadas. Do grupo de pilhas primárias, cerca de 53,3% são alcalinas e 46,4% zinco-carbono e 0,3% de outros sistemas químicos primários. Das pilhas secundárias, 73,8% são de níquel/cádmio, 17,0% de níquel/hidreto metálico e 9,3% de iões de lítio.

Em termos de formatos, no Quadro IV.3 apresenta-se a distribuição do número e peso das P&A usados caracterizados no total das amostras realizadas pelos SMAUT.

Em termos de número de P&A usados presentes, por formato, nas amostras de RSU caracterizadas, verifica-se um predomínio das pilhas de formato AA/LR6/R6 (55,2%), seguindo-se as AAA/LR03/R03 (18,0%), as D/LR20/R20 (9,6%), as pilhas botão (7,8%), as C/LR14/R14 (3,7%) e, em menor percentagem, as de 9V (2,1%) e as de 4,5V (0,1%); a categoria outros (3,4%) é referente a outros formatos, nomeadamente baterias de telemóvel e baterias de pequenos electrodomésticos.

Em relação ao peso, são também as P&A AA/LR6/R6 que predominam (39,3%), seguindo-se as D/LR20/R20 (37,1%), as C/LR14/R14 (7,2%), as AAA/LR03/R03 (6,7%) e a categoria outros (5,7%). As pilhas botão, face ao baixo peso que apresentam, representam o formato em menor percentagem (0,3%), sendo os formatos de 9V e 4,5V, tendo em conta o peso associado, as que foram encontradas em menor percentagem, de 2,5% e 1,2% respectivamente.

Quadro IV.3. Quantidade e distribuição percentual de P&A usados quantificados e caracterizados no total das campanhas de RSU

<b>Sistemas Químicos</b>	<b>N.º</b>	<b>% em N.º</b>	<b>kg</b>	<b>% em peso</b>
<b>Primárias</b>	<b>694</b>	<b>95,5</b>	<b>19,03</b>	<b>93,5</b>
Zinco-carbono	300	43,2	8,83	46,4
Alcalinas	337	48,6	10,13	53,3
Primárias - outros	57	8,2	0,07	0,3
<b>Secundárias</b>	<b>30</b>	<b>4,1</b>	<b>1,22</b>	<b>6,0</b>
Níquel/cádmio	21	70,0	0,90	73,8
Níquel/hidreto metálico	5	16,7	0,21	17,0
Iões de Lítio	4	13,3	0,11	9,3
Secundárias - Outros	0	0,0	0,00	0,0
<b>Não identificado</b>	<b>3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,10</b>	<b>0,5</b>
<b>Total</b>	<b>727</b>	<b>100,0</b>	<b>20,35</b>	<b>100,0</b>
<b>Formatos</b>				
D/LR20/R20	70	9,6%	7,55	37,1%
C/LR14/R14	27	3,7%	1,47	7,2%
AA/LR6/R6	401	55,2%	7,99	39,3%
AAA/LR03/R03	131	18,0%	1,37	6,7%
4,5V/3LR12/3R12	1	0,1%	0,25	1,2%
9V/6LR61/6F22	15	2,1%	0,51	2,5%
Pilhas botão	57	7,8%	0,07	0,3%
Outros	25	3,4%	1,15	5,7%
<b>Total</b>	<b>727</b>	<b>100,0%</b>	<b>20,35</b>	<b>100,0%</b>

Considerando o total de amostras realizadas ou a amostra compósita, no Quadro VII.2 e no Quadro VII.3 incluídos no Anexo I, apresenta-se a análise estatística aos indicadores atrás apresentados.

## IV.5. Indicadores de quantidades e tipos de P&A

Na análise estatística efectuada, foram também calculados os indicadores resumidos no Quadro II.21 do capítulo da metodologia, considerando cada campanha realizada pelos SMAUT estudados e também o total das amostras realizadas, a amostra compósita. Tendo em conta a metodologia para estimar a quantidade de P&A usados nos RSU amostrados, no Anexo I, do Quadro VII.3 ao Quadro VII.8., apresentam-se os indicadores calculados e a análise estatística respectiva para a amostra compósita.

No Quadro IV.4 apresentam-se os valores médios, mínimos e máximos, obtidos para os indicadores quantitativos de P&A presentes por amostra e por tonelada de RSU indiferenciados, e de REEE com P&A incorporados. Estes indicadores foram calculados a partir dos valores obtidos da amostra compósita e respectivos erros associados calculados estatisticamente e que indicam com 95% de confiança que o valor real de P&A usados e de REEE com P&A incorporados, nos RSU indiferenciados, se encontra no intervalo apresentado.

Quadro IV.4. Indicadores relativos às quantidades de P&A usados, soltos e incorporados nos REEE, presentes nos RSU indiferenciados

Indicador	Mínimos	Médios	Máximos
Quantidade de P&A usados por amostra de RSU (g)	60,8	77,1	93,4
Número de P&A usados por amostra de RSU (N.º)	2,3	2,8	3,2
Quantidade de P&A usados nos RSU (%)	0,020	0,025	0,030
Quantidade de P&A usados por tonelada de RSU (g/t)	195,2	247,5	299,8
Número de P&A usados por tonelada de RSU (N.º/t)	7,5	9,1	10,6
Quantidade de REEE portáteis com P&A usados incorporados, por amostra de RSU (N.º)	0,219	0,292	0,364
Número de REEE portáteis com P&A usados incorporados, por tonelada de RSU (N.º/t)	0,665	0,906	1,147

A quantidade média de P&A usados por t de RSU indiferenciados obtida para a amostra compósita (247,5 g/t), encontra-se dentro dos valores obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos realizadas em outros países, apresentados no Quadro II.11 do capítulo II.1.7. As quantidades de P&A usados nos RSU indiferenciados obtidas são, em especial, semelhantes aos obtidos nas campanhas com quantidades inferiores de RSU amostradas, nomeadamente na Bélgica (256,5g/t) em 2004 e na Áustria em 2000 (241,0g/t), em que foram amostrados respectivamente 133t e 377t, valores na ordem do total de RSU amostrados nas campanhas estudadas neste trabalho (90t). As campanhas de caracterização realizadas na Holanda em 1998 e 2000 e na França em 1999, apresentam quantidades de P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados inferiores, possivelmente devido à maior quantidade de resíduos amostrada (i.e. na ordem das 10.000t), representando uma estimativa mais precisa.

No Quadro IV.5, apresentam-se os valores obtidos para os indicadores relativos à quantidade de P&A presentes por tonelada de RSU indiferenciados, em função da sua composição química e formato. De notar que os erros associados às quantidades de alguns tipos de sistemas químicos das P&A e na maioria dos formatos são elevados, pelo que apresentam uma incerteza considerável, como se pode observar no Anexo I.

Em termos de número de P&A usados presentes, por formato, nas amostras caracterizadas no total das campanhas, como se pode observar no Quadro IV.5, verifica-se um predomínio das AA/LR6/R6 (53,2%), seguindo-se as AAA/LR03/R03 (19,8%), as D/LR20/R20 (7,9%), as pilhas botão (6,8%) seguidas da categoria outros (6,0%), referente a outros formatos, nomeadamente baterias de telemóvel e baterias de pequenos electrodomésticos, das C/LR14/R14 (4,5%) e, em menor percentagem, as de 9V (1,7%) e as 4,5V (0,1%). Em relação ao peso, são também as P&A de formato

AA/LR6/R6 que predominam (39,2%), seguindo-se as D/LR20/R20 (31,8%), as C/LR14/R14 (9,6%), as AAA/LR03/R03 (7,7%) e a categoria outros (8,4%). As pilhas botão face ao baixo peso que apresentam, representam o formato em menor percentagem (0,3%), sendo os formatos de 9V e 4,5V, tendo em conta o peso associado, as que foram encontradas em menor percentagem, de 2,1% e 0,8% respectivamente.

Quadro IV.5. Indicadores relativos às quantidades de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados, em função da sua composição química e formatos

Indicador	N.º/t de RSU		g/t de RSU	
	Média	% total	Média	% total
<b>Quantidade de P&amp;A usados por sistemas químicos, por t de RSU</b>	<b>9,1</b>	<b>100</b>	<b>247,5</b>	<b>100</b>
Zinco carbono	3,5	38,4	94,8	38,3
Alcalinas de Manganês	4,3	47,8	128,5	51,9
Outras	0,6	6,8	0,8	0,3
Níquel/cádmio	0,5	5,4	17,9	7,2
Níquel/hidreto metálico	0,1	0,7	2,6	1,1
Iões de Lítio	0,0	0,5	1,4	0,6
Outras	0,0	0,0	0,0	0,0
Não identificadas	0,0	0,4	1,5	0,6
<b>Quantidade de P&amp;A por formatos, por t de RSU</b>	<b>9,1</b>	<b>100,0</b>	<b>247,5</b>	<b>100,0</b>
D/LR20/R20	0,7	7,9	79	31,8
C/LR14/R14	0,4	4,5	24	9,6
AA/LR6/R6	4,8	53,2	97	39,2
AAA/LR03/R03	1,8	19,8	19	7,7
4,5V/3LR12/3R12	0,0	0,1	2	0,8
9V/6LR61/6F22	0,2	1,7	5	2,1
Pilhas botão	0,6	6,8	1	0,3
Outros	0,5	6,0	21	8,4

Em relação à composição por sistemas químicos, e como se pode verificar na Figura IV.3, em termos de número de unidades por tonelada de RSU indiferenciado, as P&A usados presentes em maior número no total das campanhas, são as pilhas primárias. Do total das P&A usados, 47,8% são alcalinas, 38,4% são de zinco-carbono e 0,4% não se conseguiram identificar, devido ao seu estado de degradação. A categoria outras primárias, onde se incluíram as pilhas botão de diversos sistemas químicos, representa 6,8%. Dentro das pilhas secundárias predominam as de níquel/cádmio (5,4%), seguindo-se as de níquel/hidreto metálico (0,7 %) e as de iões lítio (0,5%).

Na Figura IV.3 apresenta-se ainda a distribuição percentual do peso das P&A usados por tonelada de RSU amostrado, pelos diferentes sistemas químicos. Do grupo de pilhas primárias, cerca de 51,9% são alcalinas, 38,3% zinco-carbono e 0,3% de outros sistemas químicos primários. Das pilhas secundárias, 7,2% são de níquel/cádmio, 1,1% de níquel-hidreto metálico, 0,6% de iões de lítio e 0,6% não foram identificadas. Comparando estes resultados com os valores obtidos em peso por tonelada para as campanhas de caracterização realizadas na Alemanha em 2001, apresentados na Figura II.21, verifica-se que a composição das P&A usados nos RSU indiferenciados é semelhante.

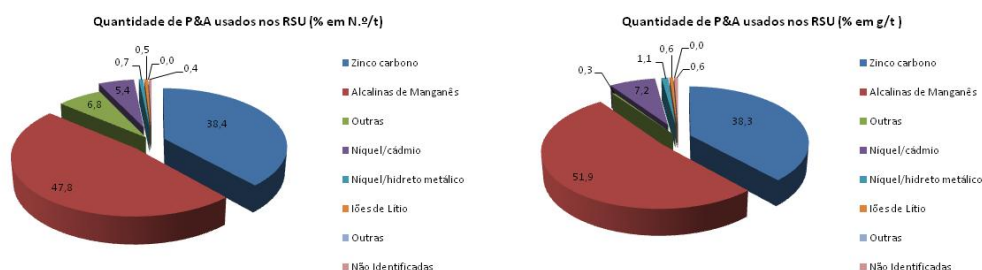


Figura IV.3. Distribuição percentual por composição química, em número e em peso, de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados

Das P&A usados por tonelada de RSU indiferenciados, cerca de 83%, em número, e 87%, em peso, encontravam-se soltas nas amostras de RSU indiferenciados caracterizadas e cerca de 17%, em número, e 13%, em peso, incorporadas nos REEE (Quadro IV.6).

Quadro IV.6. Quantidade de P&A usados soltos e incorporados nos REEE presentes nas amostras de RSU

Indicador	Média (N.º/t)	Média (g/t)	% total em número	% total em peso
<b>Quantidade total de P&amp;A por tonelada de RSU</b>	<b>9,1</b>	<b>247,5</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Soltos	7,5	214,4	83,1	86,6
REEE	1,5	33,1	16,9	13,4

No que se refere ao número de unidades de REEE por tonelada de RSU indiferenciados, com P&A incorporados, no Quadro IV.7 apresentam-se os resultados obtidos. Constata-se que dos REEE com P&A incorporados cerca de 36% pertencem à categoria 3 (equipamentos e informáticos de telecomunicação como ratos e teclados, calculadoras eléctricas, telefones sem fios, telefones celulares e comandos sem fios), 24% pertencem à categoria 2 (pequenos electrodomésticos - aspiradores portáteis, escovas de dentes eléctricas, relógios de pulso e outros relógios) e 23% pertencem à categoria 7 (brinquedos e equipamentos de desporto e lazer - consolas de jogos de vídeo portáteis, equipamentos de desporto e outros brinquedos).

Para além dos equipamentos referidos atrás foram também encontrados EEE nas amostras realizadas pelos SMAUT estudados, com P&A no seu interior, da categoria 4 (i.e. equipamentos de consumo) nomeadamente aparelhos de rádio, máquinas fotográficas e lanternas, enquanto que nas restantes categorias não foram encontrados EEE usados, com excepção da categoria de aparelhos médicos, em que foi encontrado um medidor de tensão.

Quadro IV.7. Quantidade de REEE com P&A usados incorporados por tonelada de RSU amostrado e por categoria de REEE

Indicador	Média (N.º/t)	% total
<b>Quantidade de REEE com P&amp;A incorporados por categoria de EEE por tonelada de RSU</b>	<b>0,906</b>	<b>100,0</b>
Categoria 1 - Grandes Electrodomésticos	0,000	0,0
Categoria 2 - Pequenos electrodomésticos	0,213	23,5
Categoria 3 - Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações	0,326	36,0
Categoria 4 - Equipamentos de Consumo	0,054	6,0
Categoria 5 - Equipamentos de Iluminação	0,075	8,3
Categoria 6 - Ferramentas Eléctricas e Electrónicas	0,000	0,0
Categoria 7 - Brinquedos e Equipamentos de Desporto e Lazer	0,209	23,1
Categoria 8 - Aparelhos Médicos	0,007	0,7
Categoria 9 - Instrumentos de Monitorização e Controlo	0,000	0,0
Categoria 10 - Distribuidores Automáticos	0,000	0,0
Não Identificado	0,022	2,4

Ao nível dos componentes químicos presentes nas P&A usados encontrados nos RSU amostrados, no Quadro VII.9 do Anexo J apresenta-se a composição média química obtida, por sistema químico e por componente (água e metais), em peso húmido. Verifica-se que em termos de peso por tonelada de RSU indiferenciados, cerca de 39,4g de Zinco, 0,001g de Mercúrio, 2,7g de Cádmio, 4,5g de Níquel, 0,04g de Lítio e 48,8g de Ferro, foram enviadas para eliminação por tonelada de RSU indiferenciados. Comparando os valores de Zinco, Níquel e Cádmio obtidos, com os referidos na literatura (Capítulo II.1.7) pode-se observar que estes valores se inserem nos obtidos em campanhas de caracterização de resíduos realizadas noutros países.

## IV.6. Taxa de Contaminação

Como referido no capítulo da metodologia para a estimativa da taxa de contaminação das P&A usados depositados nos RSU foram realizadas duas metodologias diferentes, uma considerando a taxa de contaminação e de humidade e outra considerando apenas a taxa de contaminação.

Relativamente ao primeiro caso, em que as pilhas foram lavadas e secas à temperatura ambiente, até atingir peso constante, o valor obtido para a taxa de contaminação e humidade foi de 0,20%. Relativamente à segunda metodologia, os resultados obtidos são os que se apresentam no Quadro IV.8. Considerando ambas as metodologias, assumiu-se para a taxa de contaminação de P&A usados nos RSU indiferenciados, o valor médio de 0,17 %.

Quadro IV.8. Taxa de contaminação

Amostra	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Taxa de contaminação (%)
Amave 1	191,1	190,9	0,1047
Amave 2	154,0	153,8	0,1299
Amave 3	182,0	181,8	0,1099
Amave 4	184,0	183,9	0,0543
Amave 5	181,4	181,2	0,1103
Amave 6	189,7	189,1	0,3163
Amave 7	245,2	244,8	0,1631
Amave 8	183,3	183,1	0,1091
Valsousa	178,4	178,2	0,1121
Média (%)			0,1344

## IV.7. Estimativa da quantidade total anual de pilhas e acumuladores usados presentes nos RSU

Considerando a metodologia para estimativa das quantidades anuais de P&A usados depositados nos RSU referida no capítulo da metodologia, foram apurados os pesos de cada SMAUT, em termos de produção de resíduos em 2005, assumindo-se que para 2007 a situação se terá mantido.

No Quadro IV.9 é possível visualizar o peso de cada SMAUT em relação ao total de resíduos produzidos em 2005 e também por tipologias. Foram incluídos os dados obtidos por SMAUT das quantidades de P&A usadas depositadas nos RSU. Como se pode observar, os SMAUT em que foram realizadas campanhas de caracterização de resíduos, representam 37% da produção de resíduos em 2005. Considerando também a percentagem de P&A nos RSU referentes a 2006, fornecidos pela VALORSUL, a percentagem atrás referida sobe para 48%. Com a inclusão do maior Sistema urbano, o valor médio de P&A usados nos RSU sobe apenas 0,002%.

Tendo em conta os dados obtidos nas campanhas de caracterização de resíduos, e considerando já terem sido calculados alguns indicadores de gestão de P&A usados indicados na metodologia, para a



amostra compósita, optou-se por considerar a média de P&A usados nos RSU, referente ao total das amostras das campanhas amostradas, ou seja, 0,025%.

Quadro IV.9. Peso dos SMAUT (% de produção de resíduos para 2005) em Portugal Continental

Tipologia	Sistema	Produção RSU (t) em 2005	Peso (%) por SGR por tipologia	Peso (%) SGR analisados por tipologia	Peso (%) por SGR total	% de P&A nos RSU indiferenciados por SGR
1	<b>RESAT</b>	<b>37.820</b>	<b>5,32%</b>	20,32%	<b>0,80%</b>	<b>0,055%</b>
	<b>RESIDOURO</b>	<b>34.745</b>	<b>4,88%</b>		<b>0,74%</b>	<b>0,032%</b>
	Resíduos Nordeste	54.983	7,73%		1,17%	
	VALORMINHO	34.581	4,86%		0,73%	
	Cova da Beira	73.789	10,37%		1,57%	
	Raia/Pinhhal	37.106	5,22%		0,79%	
	<b>Ambilital</b>	<b>58.741</b>	<b>8,26%</b>		<b>1,25%</b>	<b>0,055%</b>
	<b>Amcal</b>	<b>13.287</b>	<b>1,87%</b>		<b>0,28%</b>	<b>0,004%</b>
	Resialentejo	289.705	40,72%		6,15%	
	VALNOR	76.709	10,78%		1,63%	
	Braval	96.464	5,42%		2,05%	
2	REBAT	50.692	2,85%	29,82%	1,08%	
	RESULIMA	122.611	6,89%		2,60%	
	<b>Vale Douro Norte</b>	<b>41.324</b>	<b>2,32%</b>		<b>0,88%</b>	<b>0,047%</b>
						<b>0,033%</b>
	<b>Valsousa</b>	<b>125.604</b>	<b>7,06%</b>		<b>2,67%</b>	<b>0,006%</b>
						<b>0,011%</b>
	ERSUC	373.897	21,01%		7,93%	
	Planalto Beirão	124.233	6,98%		2,64%	
	VALORLIS	115.026	6,46%		2,44%	
	RESIOESTE	195.799	11,00%		4,15%	
	Resitejo	88.833	4,99%		1,89%	
3	<b>Resiurb</b>	<b>62.033</b>	<b>3,49%</b>	52,50%	<b>1,32%</b>	<b>0,026%</b>
	Gesamb	81.221	4,56%		1,72%	
	<b>ALGAR</b>	<b>301.663</b>	<b>16,95%</b>		<b>6,40%</b>	<b>0,024%</b>
						<b>0,010%</b>
	<b>Amave</b>	<b>175.559</b>	<b>7,90%</b>		<b>3,73%</b>	<b>0,032%</b>
	Lipor	503.838	22,68%		10,69%	
	<b>SULDOURO</b>	<b>175.160</b>	<b>7,88%</b>		<b>3,72%</b>	<b>0,033%</b>
						<b>0,006%</b>
	<b>AMARSUL</b>	<b>347.722</b>	<b>15,65%</b>		<b>7,38%</b>	<b>0,007%</b>
						<b>0,010%</b>
	<b>Amtres-Tratolixo</b>	<b>467.862</b>	<b>21,06%</b>		<b>9,93%</b>	<b>0,041%</b>
	VALORSUL	551.449	24,82%		11,70%	<b>0,050%</b>
	<b>Portugal Continental</b>	<b>4.712.456</b>			<b>36,66%</b>	<b>0,025%</b>
	<b>Incluindo VALORSUL</b>				<b>48,36%</b>	<b>0,027%</b>

Os indicadores propostos foram determinados considerando o método de cálculo preconizado na metodologia, para estimar a quantidade anual e P&A presentes nos RSU indiferenciados em Portugal Continental.

Partindo da produção de RSU indiferenciados estimada para 2007, utilizando os indicadores de quantidade de P&A usados e REEE com P&A incorporados por tonelada de RSU indiferenciados apresentados no capítulo IV.5 e, aplicando a taxa de contaminação obtida nos indicadores relativos ao peso de P&A usados, no Quadro IV.10 é apresentada a quantidade estimada de P&A usados e REEE com P&A usados incorporados depositados nos RSU indiferenciados em 2007. Pode-se observar que terão sido colocados nos contentores/sacos de RSU indiferenciados cerca de 1.041.344 kg de P&A usados, o que equivale a 38 milhões em número de unidades.

Quadro IV.10. Principais valores mínimos, médios e máximos dos indicadores de resíduos de P&A nos RSU indiferenciados estimados para 2007

Indicador	Estimativa		
	Mínimos	Médios	Máximos
Produção de resíduos indiferenciados em 2007 (t)		4.214.617	
Taxa de contaminação e humidade P&A usados nos RSU (%)		0,17	
Quantidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em 2007 (kg)	821.295	1.041.344	1.261.394
Quantidade de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em 2007 (N.º)	31.680.015	38.241.139	44.802.263
Quantidade de REEE portáteis com P&A usados incorporados, depositados nos RSU indiferenciados, em 2007 (N.º)	2.803.477	3.819.032	4.834.587

No que respeita à composição das P&A depositadas nos RSU indiferenciados em 2007, como se pode observar no Quadro IV.11, na Figura IV.4 e na Figura IV.5, estima-se que cerca de 942.890 kg foram pilhas primárias, o que equivale a cerca de 35 milhões de número de unidades foram depositadas nos RSU indiferenciados. Em peso, cerca de 57% das pilhas primárias são pilhas alcalinas de manganês e 42% são pilhas de zinco carbono. Dentro das pilhas secundárias, presentes em muito menor quantidade nos RSU (92.143 kg / 2,5 milhões em número de unidades), destacam-se os acumuladores de níquel/cádmio com cerca de 75.313 kg (2,1 milhões em número de unidades) foram depositados nos RSU indiferenciados.

Quadro IV.11. Quantidades médias estimadas de P&A usados, por sistemas químicos, depositados nos RSU indiferenciados em 2007

Indicador	Estimativa (N.º)			Estimativa (kg)		
	Média	% total	% parcial	Média	% total	% parcial
<b>Quantidade de P&amp;A usados depositados nos RSU Indiferenciados por sistemas químicos em 2007</b>	<b>38.241.139</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.041.344</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Primárias</b>	<b>35.538.642</b>	<b>92,9</b>	<b>92,9</b>	<b>942.890</b>	<b>90,5</b>	<b>90,5</b>
Zinco carbono	14.675.856	38,4	41,3	398.866	38,3	42,3
Alcalinas de Manganês	18.278.335	47,8	51,4	540.658	51,9	57,3
Outras	2.584.451	6,8	7,3	3.366	0,3	0,4
<b>Secundárias</b>	<b>2.540.340</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>	<b>92.143</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>
Níquel/cádmio	2.074.481	5,4	81,7	75.313	7,2	81,7
Níquel/hidreto metálico	255.786	0,7	10,1	10.939	1,1	11,9
Iões de Lítio	210.073	0,5	8,3	5.890	0,6	6,4
Outras	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
<b>Não Identificadas</b>	<b>162.156</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>6.311</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>

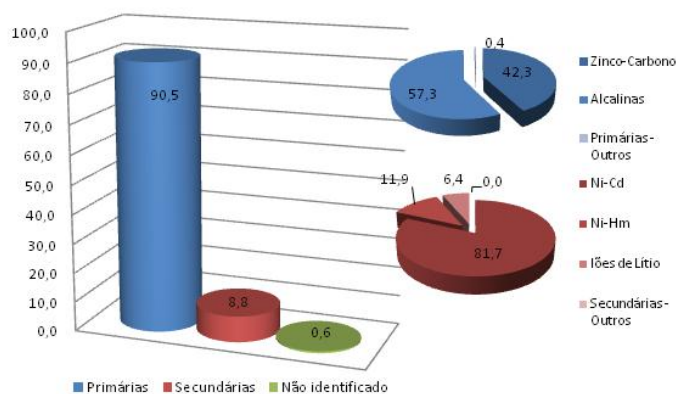


Figura IV.4. Distribuição percentual média das P&A usados, por sistema químico e em peso, depositados nos RSU indiferenciados em 2007

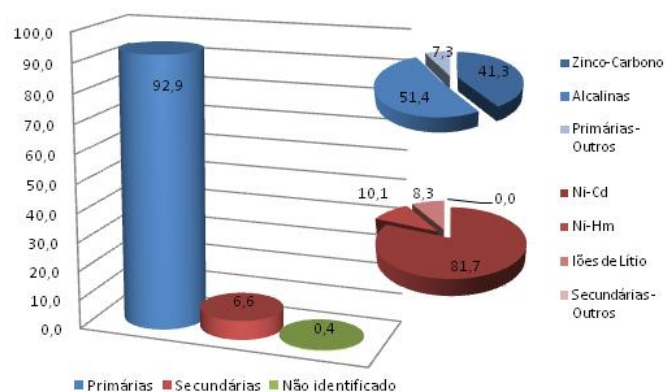


Figura IV.5. Distribuição percentual média das P&A usados, por sistema químico e em número, depositados nos RSU indiferenciados em 2007

Ao nível dos formatos, como se pode observar no Quadro IV.12 e na Figura IV.6, as P&A depositadas nos RSU indiferenciados em 2007, são principalmente pilhas de formato AA/LR6/R6 com cerca de 407.700 kg o que equivale a 20.360 mil unidades de P&A usados (39% do total), seguindo-se as D/LR20/R20 (32%), com 331.126 kg ou 3.018 mil unidades de P&A.

Quadro IV.12. Quantidades médias estimadas de P&A usados, por formatos, depositados nos RSU indiferenciados em 2007

Indicador	Estimativa (N.º)		Estimativa (kg)	
	Média (N.º)	% total	Média (kg)	% total
<b>Quantidade de P&amp;A usados depositados nos RSU Indiferenciados por formatos em 2007</b>	<b>38.241.139</b>	<b>100,0</b>	<b>1.041.344</b>	<b>100,0</b>
D/LR20/R20	3.018.710	7,9	331.126	31,8
C/LR14/R14	1.723.964	4,5	100.137	9,6
AA/LR6/R6	20.357.864	53,2	407.702	39,2
AAA/LR03/R03	7.588.405	19,8	80.362	7,7
4,5V/3LR12/3R12	29.840	0,1	8.836	0,8
9V/6LR61/6F22	662.364	1,7	21.879	2,1
Pilhas botão	2.584.451	6,8	3.366	0,3
Outros	2.275.541	6,0	87.936	8,4

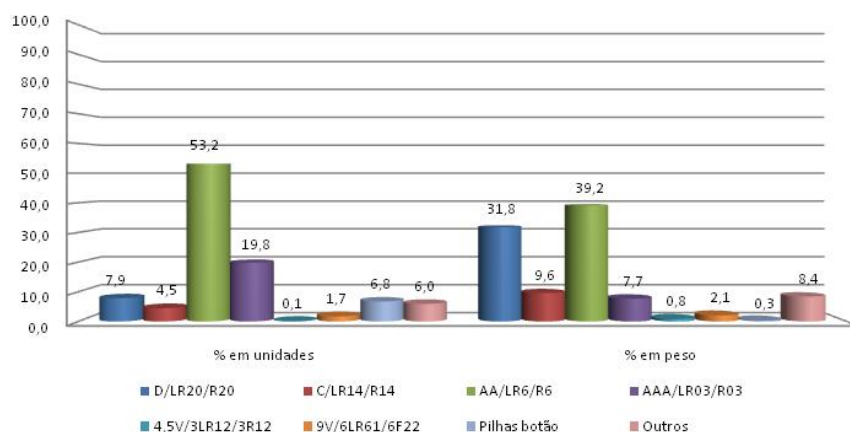


Figura IV.6. Distribuição percentual média das P&A usados, por formato, depositados nos RSU indiferenciados em 2007

No Quadro IV.13 pode-se observar a distribuição percentual das P&A usados vendidos em 2004, 2005 e 2006, por sistema químico e também os valores estimados depositados nos RSU indiferenciados em 2007. Em termos de pilhas primárias verifica-se que a percentagem de pilhas depositadas nos RSU indiferenciados é superior ao valor referente às vendas nos anos apresentados, principalmente devido às pilhas de zinco carbono. Este facto poderá indicar que foram depositadas nos RSU não apenas as pilhas compradas e usadas no ano em referência mas também pilhas compradas nos anos anteriores, devido possivelmente ao baixo tempo de serviço comparado com as restantes pilhas primárias. No caso das pilhas alcalinas de manganês a percentagem obtida nos RSU indiferenciados é inferior à percentagem de vendas nos anos considerados, indicando que possivelmente devido ao tempo de serviço relativamente elevado que apresentam, das pilhas vendidas em 2007 (valor semelhante ao dos anos anteriores) uma parte estará ainda em utilização ou usadas e armazenadas em casa dos utilizadores.

No caso das pilhas de lítio, que não pilhas botão, tendo em conta os resultados obtidos nas campanhas de caracterização, estima-se que poucas ou nenhuma foram depositadas nos RSU indiferenciados. Este facto deve-se possivelmente à tecnologia recente que têm e ao elevado tempo de serviço que apresentam, o que indica que das pilhas de lítio primárias vendidas em determinado ano só irão aparecer nos RSU indiferenciados, caso sejam depositados nos contentores/sacos de recolha indiferenciada, anos depois. Em relação às pilhas botão o efeito referido anteriormente também aparenta estar relacionado com a menor percentagem deste tipo de pilhas nos RSU indiferenciados em 2007, quando comparada com a percentagem de vendas dos anos anteriores.

No caso das pilhas secundárias, este efeito é mais pronunciado, havendo uma diferença significativa entre os valores das vendas dos anos em referência e o valor obtido neste estudo. Devido ao facto de poderem ser reutilizadas após descarga o tempo de vida destas pilhas é elevado, pelo que deverão estar em utilização mais tempo que as pilhas primárias. Em relação aos acumuladores de níquel/cádmio e níquel/hidreto metálico, a percentagem em peso obtida nos RSU indiferenciados é superior à percentagem de vendas em qualquer um dos anos em referência. Este facto é possivelmente devido a que principalmente os acumuladores de níquel/cádmio encontrados nos RSU, com uma percentagem em peso de 7,2%, são referentes não apenas às vendas do ano 2007, como também às vendas dos anos anteriores. Os acumuladores de iões de lítio apresentam uma percentagem inferior à observada nas vendas dos anos anteriores, indicando que devido ao elevado tempo de serviço estarão ainda em utilização. Os acumuladores deste tipo foram depositados nos RSU, conjuntamente com REEE, especialmente telemóveis.

Quadro IV.13. Distribuição percentual do peso de P&A usados vendidos em 2004, 2005 e 2006 e respectiva estimativa para as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em 2007

Indicador	P&A vendidos (g/ pilha)			Estimativa média RSU ind. (g/ pilha)
	2004	2005	2006	2007
<b>Sistemas químicos</b>				
Zinco/carbono	23,1%	18,7%	17,3%	38,3%
Alcalinas de manganês	61,5%	65,2%	65,3%	51,9%
Botão	0,9%	0,6%	0,7%	0,3%
Lítio	0,5%	0,7%	1,4%	0,0%
<b>Total pilhas primárias</b>	<b>86,0%</b>	<b>85,2%</b>	<b>84,7%</b>	<b>90,5%</b>
Níquel/cádmio e Níquel/hidreto metálico	7,4%	7,9%	7,5%	8,3%
Iões de lítio	6,6%	6,9%	7,8%	0,6%
<b>Total pilhas secundárias</b>	<b>14,0%</b>	<b>14,8%</b>	<b>15,3%</b>	<b>8,8%</b>
<b>Não identificadas</b>				<b>0,6%</b>
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

No Quadro IV.14 são apresentados os pesos médios por pilha referentes à P&A vendidos em Portugal em 2004, 2005 e 2006, calculados a partir do Quadro II.12 e a estimativa do peso médio das P&A usados depositados nos RSU em 2007 calculada a partir do Quadro IV.11. Os dados referentes às vendas em 2007 ainda não estavam disponíveis até à data, pelo que apenas se pode comparar com os dados referentes aos anos anteriores. Por observação dos dados apresentados no Quadro IV.14, o peso médio por pilha obtido no total das P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em 2007, é superior ao observado nas vendas dos anos de 2004, 2005 e 2006. Possivelmente esta diferença deve-se ao facto de que as P&A usados nos RSU serem uma mistura das P&A vendidos em anos anteriores, nos quais este valor era mais elevado, tendo em conta que o avanço das tecnologias de P&A este valor tem tendência para diminuir.

As diferenças maiores são verificadas nas pilhas alcalinas de manganês, enquanto no caso das pilhas de zinco carbono o peso médio por pilha é semelhante ao das vendas em 2006. No caso das pilhas secundárias, os valores observados para o peso médio por pilha nos RSU indiferenciados é bastante inferior ao das vendas nos anos considerados. Como não foram encontrados equipamentos como computadores portáteis ou ferramentas eléctricas, cujos acumuladores são significativamente pesados e as pilhas secundárias encontradas serem referentes a alguns tipos de pequenos equipamentos domésticos, que não são representativos das pilhas secundárias vendidas nos anos anteriores. Estes valores indicam que a maioria destas pilhas secundárias se encontram em utilização em EEE.

Quadro IV.14. Peso médio por pilha referente às quantidades vendidas em 2004, 2005 e 2006 e respectiva estimativa para as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, em 2007

Indicador	P&A vendidos (g/ pilha)			Estimativa média RSU ind. (g/ pilha)
	2004	2005	2006	2007
<b>Sistemas químicos</b>				
Zinco/carbono	28,0	28,4	27,2	27,2
Alcalinas de manganês	26,8	26,7	25,6	29,6
Botão	1,6	1,1	1,1	1,3
Lítio	16,5	22,0	20,3	0,0
<b>Total pilhas primárias</b>	<b>23,1</b>	<b>23,1</b>	<b>21,7</b>	<b>19,4</b>
Níquel/cádmio e Níquel/hidreto metálico	72,2	62,1	67,6	37,0
Iões de lítio	32,6	36,9	39,4	28,0
<b>Total pilhas secundárias</b>	<b>46,0</b>	<b>47,1</b>	<b>49,6</b>	<b>36,3</b>
<b>Total</b>	<b>24,9</b>	<b>25,0</b>	<b>23,7</b>	<b>27,2</b>

No Quadro IV.15 é possível observar as quantidades médias estimadas de zinco, mercúrio, cádmio, níquel, lítio e ferro presentes nas P&A usados que foram enviados para eliminação, em Portugal Continental em 2007. Neste Quadro não estão incluídas as quantidades de metais presentes nas pilhas botão e as P&A não identificados, por serem uma mistura de pilhas primárias de sistemas químicos diferentes, não sendo possível determinar a composição química. Ao nível do mercúrio a quantidade estimada foi de cerca de 4 kg, principalmente devido às baixas concentrações existentes nas pilhas primárias. No caso do cádmio estima-se que cerca de 11 t foram enviadas para eliminação, o que poderá ser uma quantidade relativamente significativa considerando o impacto ambiental associado. Em relação aos restantes metais, estima-se que as quantidades enviadas para eliminação em 2007 foram também significativas, apesar de não terem um impacto ambiental significativo associado, o valor económico é relevante, em especial no caso do Ferro (205t) mas também no caso do zinco (165t) e do níquel (19t). Em relação ao Lítio, a quantidade estimada enviada para eliminação é de apenas 147kg.

Quadro IV.15. Quantidades estimadas de metais componentes das P&A usados, depositados nos RSU indiferenciados, em 2007

Sistemas Químicos	Quantidade P&A média RSU indiferenciados em 2007 (kg)	Quantidade estimada de metais presentes nas P&A usados RSU ind. em 2007 (kg)					
		Zinco	Mercúrio	Cádmio	Níquel	Lítio	Ferro
		Quantidade média (kg)	Quantidade média (kg)	Quantidade média (kg)	Quantidade média (kg)	Quantidade média (kg)	Quantidade média (kg)
<b>Primárias</b>	<b>939.524</b>	<b>165.924</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>169.114</b>
Zinco carbono	398.866	80.770	2	0	0	0	71.796
Alcalinas de Manganês	540.658	85.154	2	0	0	0	97.318
<b>Secundárias</b>	<b>92.143</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11.523</b>	<b>19.026</b>	<b>147</b>	<b>36.018</b>
Níquel/cádmio	75.313	0	0	11.523	13.556	0	30.502
Níquel/hidreto metálico	10.939	0	0	0	5.470	0	2.571
Iões de Lítio	5.890	0	0	0	0	147	2.945
<b>Total</b>	<b>1.031.667</b>	<b>165.924</b>	<b>4</b>	<b>11.523</b>	<b>19.026</b>	<b>147</b>	<b>205.132</b>

Do total de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em 2007 (1.041.344 kg), cerca de 139.267 kg de P&A ou 13,4% encontram-se incorporados nos REEE, que também seguiram no fluxo dos RSU indiferenciados, como se pode observar no Quadro IV.16. e na Figura IV.7.

Quadro IV.16. Quantidades médias estimadas de P&A usados soltos vs incorporados em REEE, depositados nos RSU indiferenciados em 2007

Indicador	Estimativa			
	Média (N.º)	Média (kg)	% total em N.º	% total em peso
<b>Quantidade de P&amp;A usados total de P&amp;A incorporados em REEE e depositados nos RSU indiferenciados</b>	<b>38.241.139</b>	<b>1.041.344</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Soltos	31.786.325	902.078	83,1	86,6
REEE	6.454.814	139.267	16,9	13,4

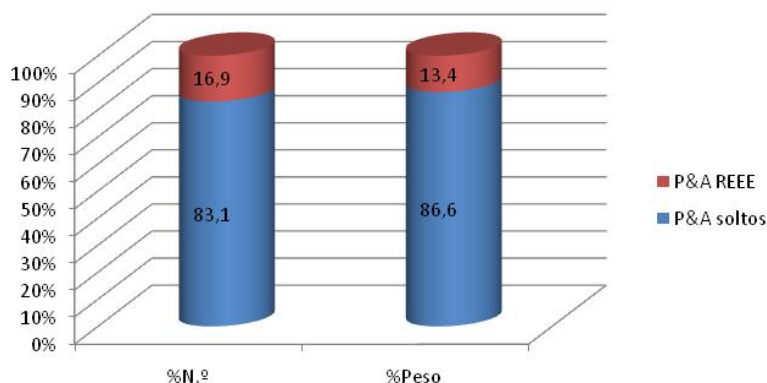


Figura IV.7. Distribuição percentual das P&A usados por t de RSU, soltos incorporados nos REEE

Em termos de número de unidades de REEE com P&A incorporados, no ano em referência cerca de 3.820.000 REEE foram depositados nos RSU indiferenciados.

Relativamente ao número de unidades de REEE por categoria de EEE depositados nos RSU indiferenciados em 2007, com P&A incorporados, no Quadro IV.17 e na Figura IV.8 apresentam-se os resultados obtidos. Consta-se que neste ano dos REEE com P&A incorporados depositados nos RSU indiferenciados, cerca de 36% pertencem à categoria 3 (equipamentos e informáticos de telecomunicação), 24% pertencem à categoria 2 (pequenos electrodomésticos) e 23% pertencem à categoria 7 (brinquedos e equipamentos de desporto e lazer).

Quadro IV.17. Quantidades de REEE com P&A usados incorporados, depositados nos RSU indiferenciados por categoria de EEE, em 2007

Indicador	Estimativa (N.º)	
	Média	%
<b>Quantidade de REEE com P&amp;A incorporados por categoria de EEE depositados nos RSU indiferenciados</b>	<b>3.819.032</b>	<b>100,0</b>
Categoria 1 - Grandes Electrodomésticos	0	0,0
Categoria 2 - Pequenos electrodomésticos	897.674	23,5
Categoria 3 - Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações	1.375.712	36,0
Categoria 4 - Equipamentos de Consumo	227.476	6,0
Categoria 5 - Equipamentos de Iluminação	317.209	8,3
Categoria 6 - Ferramentas Eléctricas e Electrónicas	0	0,0
Categoria 7 - Brinquedos e Equipamentos de Desporto e Lazer	881.220	23,1
Categoria 8 - Aparelhos Médicos	27.764	0,7
Categoria 9 - Instrumentos de Monitorização e Controlo	0	0,0
Categoria 10 - Distribuidores Automáticos	0	0,0
Não Identificado	91.977	2,4

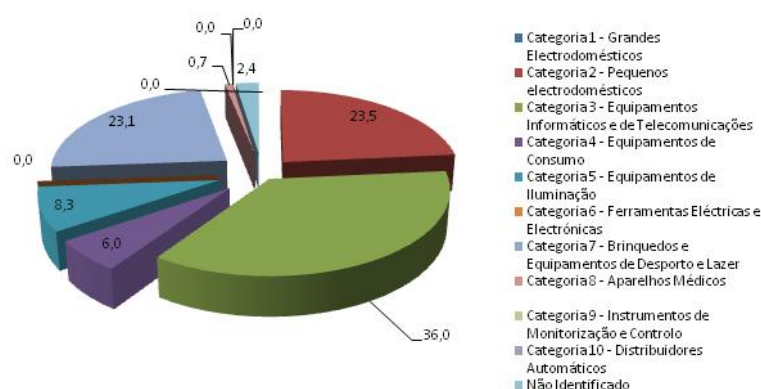


Figura IV.8. Distribuição percentual por categorias de EEE de REEE com P&A incorporados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental, em 2007

No Quadro IV.18 apresentam-se os valores obtidos para os indicadores propostos na metodologia e apresentados nos Quadro II.22. Os indicadores que foram estimados são apresentados a “itálico”. As quantidades de P&A vendidos em 2007, foram estimadas a partir dos valores facultados para 2006, considerando uma taxa de crescimento de 1,4% no caso da quantidade em peso e 6,9% no caso da quantidade em número, ambas semelhantes às verificadas em 2005/2006. Por falta de dados referentes às vendas declaradas em 2007, considerou-se que estas taxas seriam semelhantes ao ano anterior, no entanto é provável que o aumento tenha sido superior ao verificado em 2005/2006. Como se pode observar, foi calculada a taxa de recolha selectiva de P&A usados, de acordo com a legislação nacional actual e de acordo com a Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro, obtendo-se no primeiro caso um valor de 17,5% e no segundo um valor de 17,7%.

Para o cálculo das capitações foi utilizada a população referente a Portugal Continental e Regiões Autónomas em 2005, disponíveis no Quadro II.15 do capítulo II.2.2. Tendo em conta que é desconhecida a quantidade de P&A vendidos nas Regiões Autónomas e em Portugal Continental, apenas se calculou a capitação de vendas destes produtos para o total da população portuguesa. De acordo com o Quadro IV.18, em 2007 estima-se que foram vendidas 0,263kg de P&A por habitante em Portugal, ou em número 12 pilhas por habitante por ano.

No total dos canais de recolha (i.e. SMAUT, hipermercados/supermercados e outros) em 2007, foram recolhidas selectivamente em Portugal 0,046kg de P&A por habitante. No que se refere aos



SMAUT, em Portugal Continental foram enviadas para a Ecopilhas 190.259kg de P&A usados ou 0,019 kg de P&A por habitante. No caso da Região Autónoma dos Açores (RAA), este valor foi de 3.030kg (i.e. 0,013kg de P&A por habitante). Em relação à Região Autónoma da Madeira (RAM) foram enviados para a Ecopilhas cerca de 21.160kg de P&A ou cerca de 0,088kg/habitante. A diferença verificada nas capitações, deve-se possivelmente ao facto de que no ano em referência foram enviadas pela primeira vez, através deste canal de recolha, P&A usados para a Ecopilhas provenientes da RAM, pelo que possivelmente a capitação de P&A usados recolhidos nesta região inclua quantidades de P&A usados provenientes da recolha de anos anteriores.

De notar que como não foram acompanhadas campanhas de caracterização de resíduos nas Regiões Autónomas, não foi possível avaliar se a quantidade de P&A usados nos RSU indiferenciados é semelhante à encontrada nos RSU indiferenciados em Portugal Continental. Desta forma a taxa de armazenamento obtida e a referida capitação que inclui também as P&A usados que poderão ter sido depositadas nos contentores de recolha selectiva de embalagens em Portugal, inclui ainda as P&A que foram depositadas nos contentores/sacos de RSU indiferenciados nas Regiões Autónomas.

Assumindo que a distribuição das vendas de P&A por região segue a proporção da população respectiva, de acordo com os dados disponíveis no Quadro II.15 do capítulo II.2.2, a população das Regiões Autónomas, em 2005, representa cerca de 4,6% do total da população em Portugal, então terão sido possivelmente vendidas cerca de 125.800kg nas Regiões Autónomas. Como foram recolhidas cerca de 24.200kg de P&A usados pelos SMAUT e ainda uma quantidade desconhecida através dos restantes canais de recolha, a quantidade possível armazenada nos lares dos consumidores das Regiões Autónomas, será inferior a cerca de 100.000kg de P&A, (i.e. 4% do total de P&A vendidos em Portugal). Deste modo, a quantidade de P&A usados depositados pelos habitantes das Regiões Autónomas, nos RSU indiferenciados poderá ser comparativamente pequena em relação ao total de P&A vendidos anualmente em Portugal e, por consequência também em relação à quantidade anual estimada de P&A armazenadas nos lares portugueses.

Desta forma a capitação de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados, são referentes apenas à população de Portugal Continental, valor que se estimou ser para 2007 de 0,105g ou 4 pilhas P&A por habitante.

Considerando a quantidade estimada de P&A usados depositados nos RSU, em Portugal Continental em 2007, um valor médio de 1.041.344kg (38,1% do total de P&A vendidos em 2007), foi possível estimar a quantidade e a taxa de P&A armazenadas nos lares dos consumidores, ou seja, 1.215.694 kg (44,5% das P&A vendidos em 2007).



Quadro IV.18. Estimativa dos indicadores de gestão de resíduos de P&A, em 2007

Indicador	Unidades	Estimativas		
		Médias	Mínimas	Máximas
Quantidade de P&A vendidos em Portugal	kg/ano	2.734.763		
	N.º/ano	121.478.414		
Quantidade de P&A usados anualmente recolhidos no total dos canais de recolha	kg/ano	477.724		
Quantidade de P&A usados anualmente recolhidas pelos SMAUT em Portugal	kg/ano	214.449		
Quantidade de P&A usados anualmente recolhidas pelos SMAUT em Portugal Continental	kg/ano	190.259		
Quantidade de P&A usados anualmente recolhidas pelos SMAUT na Região Autónoma dos Açores	kg/ano	3.030		
Quantidade de P&A usados anualmente recolhidas pelos SMAUT na Região Autónoma da Madeira	kg/ano	21.160		
Quantidade de P&A usados enviados para reciclagem em Portugal	kg/ano	378.520		
Quantidade de P&A usados anualmente depositadas nos RSU indiferenciados em Portugal Continental	kg/ano	1.041.344	821.295	1.261.394
	N.º/ano	38.241.139	31.680.015	44.802.263
Quantidade de P&A usados armazenados nos lares dos consumidores	kg/ano	1.215.694	1.435.744	995.644
Taxa de recolha anual de P&A usados em Portugal (legislação actual)	%	17,5		
Taxa de recolha anual de P&A usados em Portugal (legislação europeia)	%	17,7		
Taxa anual de P&A usados depositados nos RSU, em Portugal Continental	%	38,1	30,0	46,1
Taxa de armazenamento anual de P&A usados nos lares portugueses	%	44,5	52,5	36,4
Taxa de reciclagem anual de P&A usados em Portugal	%	79,2		
Capitação anual de venda de P&A em Portugal (1)	kg/hab.ano	0,263		
	N.º/hab.ano	12		
Capitação anual de P&A usados recolhidos selectivamente no total dos canais de recolha (1)	kg/hab.ano	0,046		
Capitação anual de P&A usados recolhidos selectivamente por SMAUT em Portugal (1)	kg/hab.ano	0,021		
Capitação anual de P&A usados recolhidos selectivamente pelos SMAUT em Portugal Continental (2)	kg/hab.ano	0,019		
Capitação anual de P&A usados recolhidos selectivamente pelos SMAUT na Região Autónoma dos Açores (3)	kg/hab.ano	0,013		
Capitação anual de P&A usados recolhidos selectivamente pelos SMAUT na Região Autónoma da Madeira (4)	kg/hab.ano	0,088		
Capitação anual de P&A usados depositados nos RSU indiferenciados em Portugal Continental (4)	kg/hab.ano	0,105	0,083	0,127
	N.º/hab.ano	4	3	5
Capitação anual de P&A usados armazenados nos lares portugueses (1)	kg/hab.ano	0,117	0,145	0,100

(1) População Portugal em 2005: 10.407.465 habitantes (MAOTDR, 2007)

(2) População Portugal Continental em 2005: 9.927.441 habitantes – cerca de 95,4% da população de Portugal (MAOTDR, 2007)

(3) População Região Autónoma dos Açores em 2005: 238.767 habitantes – cerca de 2,3% da população em Portugal (MAOTDR, 2007)

(4) População Região Autónoma da Madeira em 2005: 241.257 habitantes – cerca de 2,3% da população em Portugal (MAOTDR, 2007)



## V.CONCLUSÕES

### V.1.Síntese conclusiva

A fonte de energia electroquímica fornecida pelas P&A permite o funcionamento de uma grande quantidade e variedade de equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE).

Os recentes avanços tecnológicos no desenvolvimento de produtos electrónicos, em especial de consumo, permitiram um aumento significativo na procura de pilhas primárias (pilhas não recarregáveis) e secundárias (baterias e acumuladores recarregáveis). Em 2006 aproximadamente quatro mil milhões de P&A foram vendidos na União Europeia (UE). Eventualmente, quando o seu tempo de vida útil se esgotar, os consumidores irão descartá-las para o fluxo de resíduos. Os metais pesados, presentes nas pilhas usadas, poderão representar riscos ambientais graves quando acumulados no ambiente, tornando-se portanto necessário dar um correcto destino final a estes resíduos.

Actualmente, o mercado das pilhas electroquímicas encontra-se dividido em três grandes segmentos: as pilhas portáteis, as pilhas industriais e os acumuladores de veículos. No âmbito do sector doméstico as P&A mais utilizados são as portáteis, pelo que foram estas P&A o objecto de estudo deste trabalho de investigação.

O uso de substâncias perigosas nas P&A foi limitado, pela primeira vez, pela Directiva do Conselho 91/157/CEE, de 18 de Março, proibindo-se a colocação no mercado de P&A com quantidades, em peso, superiores a 0,0005% de mercúrio, 0,025% de cádmio e 0,4% de chumbo. Esta Directiva definiu ainda um sistema de marcação para a identificação das P&A e requereu aos Estados Membros a obrigatoriedade de implementação de programas de acção relativos à gestão destas P&A, tendo em vista a redução da quantidade enviada para eliminação, e a promoção da sua recolha.

Recentemente foi aprovada uma nova Directiva, Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro, que definiu e uniformizou, a nível comunitário, metas de recolha selectiva e reciclagem para todas as P&A usados, revogando a Directiva 91/157/CEE. A meta imposta para a taxa de recolha selectiva é de 25%, baseada na média das quantidades vendidas de P&A em três anos, a qual deverá ser atingida até 26 de Setembro de 2012.

Esta directiva ainda não se encontra transposta para legislação nacional, encontrando-se ainda em vigor o Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro, e a Portaria n.º 572/2001, de 19 de Junho, baseada ainda na Directiva 91/157/CEE. Segundo o Decreto-Lei, os produtores e importadores são obrigados a submeter a gestão das suas P&A e a gestão de P&A usados a um dos dois programas de acção, relativos a acumuladores de veículos, industriais e similares e a pilhas e outros acumuladores. Relativamente às pilhas e outros acumuladores, o programa de acção estabelece que a responsabilidade dos produtores e importadores pela gestão das P&A usados pode ser transferida para uma entidade gestora devidamente licenciada para exercer essa actividade.

Neste seguimento, foi criada a Ecopilhas – Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados, Lda. com o objectivo de gerir o funcionamento do Sistema Integrado de Pilhas e Acumuladores Usados (SIPAU), actuando de acordo com a licença do Ministério do Ambiente e Ordenamento o Território de 14 de Outubro de 2002. O SIPAU entrou em funcionamento em Janeiro de 2004.

De acordo com os dados publicados pela Ecopilhas, em 2005 a taxa de recolha selectiva de P&A usados em Portugal foi de 17%, valor abaixo da meta de 50% estabelecida pela Portaria n.º 572/2001.

A situação nacional actual das P&A usados no sector doméstico apresenta algumas lacunas de informação relativamente ao balanço de massas deste fluxo. As quantidades comercializadas anualmente em Portugal, assim como as P&A usados que são recolhidos selectivamente pela Ecopilhas, desde Janeiro de 2004, são conhecidas. No entanto, desconhecem-se as quantidades de P&A presentes nos lares portugueses (i.e. em utilização nos diversos EEE, novas em stock ou usadas e armazenadas em casa), bem como as P&A que são depositados nos RSU indiferenciados. Na generalidade das situações os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SMAUT) não quantificam e caracterizam esta componente dos resíduos sólidos urbanos (RSU), incluindo as P&A na componente “outros”.

O conhecimento do fluxo de P&A usados é crucial para se poder aferir, por exemplo, se as metas estabelecidas na nova Directiva 2006/66/CE, para a recolha selectiva e reciclagem, são ou não realistas. Se, por exemplo, os consumidores armazenarem uma percentagem significativa de P&A em suas casas, este será o montante não disponível para a recolha selectiva.

Consciente da necessidade de conhecer e avaliar melhor o fluxo das P&A de utilização doméstica, a Ecopilhas estabeleceu um Protocolo de Cooperação com a Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), para a realização de um projecto de investigação sobre P&A usados pelo sector doméstico. O referido projecto, que se iniciou em Março de 2007, encontra-se estruturado nos seguintes três sub-projectos:

- Projecto 1 – Quantificação e caracterização das pilhas e acumuladores usados depositados nos contentores de RSU indiferenciados;
- Projecto 2 - Quantificação e caracterização das pilhas e acumuladores usados presentes nos resíduos depositados nos embalões;
- Projecto 3 - Quantificação e caracterização das pilhas e acumuladores presentes nos lares portugueses.

A presente dissertação diz respeito ao trabalho desenvolvido no âmbito do Projecto 1 – Quantificação e caracterização das P&A usados depositados nos contentores de RSU indiferenciados.

Deste modo, e no âmbito do desenvolvimento do Projecto 1, o principal objectivo deste trabalho de investigação consistiu em estimar a quantidade, em número e em peso, de P&A que foram depositados nos RSU indiferenciados em 2007, assim como as suas características em termos de sistemas químicos e formatos.

Como as P&A usados aparecem no fluxo dos RSU indiferenciados em quantidades muito diminutas e de uma forma não sistemática, para se podem fazer uma quantificação e caracterização destas P&A e obter dados representativos, as campanhas de caracterização do fluxo de RSU indiferenciados teriam que ser constituídas por centenas de amostras, o que é praticamente impossível de realizar, atendendo ao tempo, recursos humanos e financeiros disponíveis.

Por este motivo, a estratégia adoptada para a metodologia de quantificação e caracterização deste fluxo, consistiu em aproveitar as campanhas de quantificação e caracterização física dos RSU já programadas pelos SMAUT para 2007, e solicitar o seu apoio para a inclusão de mais duas componentes a separar das amostras de RSU, as P&A usados soltos e os REEE contendo P&A. Estas P&A separadas foram posteriormente pesadas e caracterizadas, por sistema químico e formato, pela equipa da FCT/UNL.

No total, e durante os meses de Março a Dezembro de 2007, foram acompanhadas 17 campanhas de quantificação e caracterização física de RSU indiferenciados, o que representou cerca de 90 toneladas de RSU indiferenciados em 264 amostras, provenientes de 12 SMAUT.

No decorrer do trabalho deparou-se com algumas limitações, nomeadamente a ausência de dados relativos à produção de RSU indiferenciados, em 2006 e 2007, valores já reportados pelos SMAUT no SIRER mas ainda não disponibilizados pela APA. Para contornar estes contratempos fizeram-se algumas considerações e pressupostos, que permitissem estimar as quantidades de RSU indiferenciados em 2007, já que as P&A usados identificados se reportam a este ano. Por este motivo, os resultados obtidos basearam-se em estimativas, as quais poderão ser facilmente aferidas após a publicação dos dados relativos às produções de 2006 e 2007.

Deste modo, e tendo por base os resultados obtidos nas campanhas de caracterização dos RSU indiferenciados, bem como as informações fornecidas pela Ecopilhas, relativas às vendas de P&A no mercado português e às quantidades recolhidas selectivamente e enviadas para reciclagem, podem-se apresentar as seguintes conclusões principais:

- Da quantidade total de P&A vendidos em 2007 (2.734.763 kg), os consumidores domésticos enviaram para reciclagem cerca de 17,5%, e colocaram nos contentores ou sacos destinados aos RSU indiferenciados 38,1% das P&A usados (1.041.344 kg);
- Estima-se que tenham permanecido nos lares portugueses (dentro dos equipamentos, soltos usados ou novos por usar), cerca de 44,5% das P&A vendidos (1.215.694 kg);
- As P&A presentes em maior quantidade nos RSU indiferenciados são as pilhas primárias (cerca de 90,6% do total de P&A) e, dentro destas, predominam as pilhas alcalinas de manganês (57%) e as pilhas de zinco carbono (42%);
- Em relação ao formato, das presentes nos RSU indiferenciados predominam as pilhas AA/LR6/R6 (39% do total de P&A encontradas), seguindo-se as D/LR20/R20 (32%).

Da revisão da literatura efectuada, sabe-se que em 2002 foram recolhidas selectivamente, na UE, 17% das P&A colocados no mercado, cerca de 45,5% foram depositadas em aterro ou incineradas, estimando-se que cerca de 37% das P&A usados estariam armazenadas em casa dos consumidores europeus, valor que poderá chegar aos 60%, no caso das pilhas recarregáveis (CE, 2003a). Num outro estudo, realizado na Holanda pela STIBAT (2007a), chegou-se à conclusão que em cada lar holandês estarão armazenadas 71 pilhas portáteis, das quais 12 já foram usadas e as restantes encontram-se em utilização em EEE.

Constata-se pois, que os valores obtidos neste trabalho de investigação não se afastam muito dos apresentados por estas entidades.

Estes resultados possibilitarão à entidade gestora deste fluxo, a Ecopilhas, ter um referencial da situação em 2007. Estudos semelhantes, a realizar a curto e médio prazo, permitirão avaliar o impacto das campanhas de sensibilização nos comportamentos dos consumidores, bem como o impacto da entrada em vigor da nova legislação que se aguarda para este fluxo.

## **V.2.Limitações do estudo**

No desenvolvimento deste estudo foram várias as limitações encontradas. A principal diz respeito à falta de informação relativa aos dados de produção de RSU, quer a produção total em 2006 e 2007, quer a quantidade de RSU indiferenciados em 2005, 2006 e 2007, nacional e por SMAUT. Desta forma, não foi possível estimar por SMAUT, as quantidades de resíduos de P&A usados presentes nos RSU indiferenciados com a precisão necessária.

Esta limitação pode no entanto ser corrigida assim que forem publicados pela APA as produções de RSU em 2007 declaradas pelos SMAUT no SIRER.

Foi também limitante neste trabalho a dificuldade encontrada em calendarizar as campanhas de caracterização, devido aos sucessivos adiamentos nas campanhas inicialmente programadas pelos SMAUT, dependentes muitas vezes do trabalho acrescido e da falta de recursos humanos para o fazerem na altura programada. Este caso é bastante mais expressivo nos SMAUT de menor dimensão.

No que se refere às amostragens realizadas, não foi possível obter uma definição, por parte dos SMAUT sobre os circuitos rurais, mistos ou urbanos amostrados, e que seriam relevantes na análise de possíveis semelhanças ou diferenças entre os meios urbanos, mistos e rurais.

No que se refere às campanhas de caracterização física de RSU, e no âmbito das quais foram caracterizadas as P&A usados presentes nas amostras de RSU, de referir que foram adoptadas pelos SMAUT diferentes metodologias de amostragem e caracterização dos RSU e diferentes dimensões das amostras. Esta falta de uniformização poderá interferir nos resultados, facto que no entanto não se consegue provar.

No âmbito deste estudo não foi possível avaliar as quantidades de P&A presentes nos resíduos provenientes da recolha indiferenciada dos dois maiores SMAUT urbanos, a VALORSUL e a LIPOR, e os únicos cujo destino final dos RSU indiferenciados é a incineração. Embora se tenha recorrido aos valores indicados pela Valorsul para as P&A presentes nos RSU em 2006, os resultados obtidos seriam mais precisos se estes dois SMAUT tivessem feito campanhas de caracterização aos seus RSU em 2007, no período em que decorreu este estudo (entre Março e Dezembro de 2007), facto que não se verificou.

Tendo em conta que as P&A usados representam um peso muito inferior às restantes componentes dos RSU, de forma a obter resultados com significância estatística tornou-se necessário realizar um grande número de amostras, o que se conseguiu considerando para a análise estatística uma amostra composta, as cerca de 90 toneladas de RSU que constituíram as amostras das 17 campanhas realizadas, mas que, devido à falta de uniformização já referida, poderá igualmente ter interferido nos resultados finais.

Outro aspecto limitante neste estudo, e que teria sido interessante explorar, foi o facto de não ter sido possível avaliar o factor sazonalidade na deposição de P&A usados nos RSU, uma vez que apenas se teve a oportunidade de acompanhar uma campanha em cada SMAUT.

No entanto, e apesar das limitações indicadas, este é porventura o maior e mais complexo estudo realizado com o objectivo de quantificar e caracterizar as P&A presentes nos RSU indiferenciados produzidos a nível nacional, considerando-se que os resultados são bastante satisfatórios.

### **V.3.Linhas futuras de pesquisa**

No âmbito do trabalho realizado, relativo às P&A presentes nos RSU, sugerem-se as seguintes linhas futuras de investigação ou pesquisa:

- Este estudo contribuiu para melhorar o conhecimento sobre o fluxo de P&A usados em Portugal. Sugere-se que se realizem trabalhos semelhantes de uma forma periódica, nomeadamente após a publicação da nova legislação nacional sobre gestão de P&A, funcionando este trabalho de investigação como a situação de referência em matéria de gestão de P&A usados;

- No âmbito deste trabalho não foi possível quantificar as P&A usados depositados nos RSU indiferenciados nas Regiões Autónomas. Face à escassa informação disponível, de modo a complementar o estudo realizado, seria relevante avaliar também a situação actual de gestão de P&A usados nas Regiões da Madeira e dos Açores;
- Na mesma sequência seria relevante também avaliar o efeito de sazonalidade nas quantidades de P&A usados depositados nos RSU;
- Para além das P&A depositados nos RSU, tem-se verificado que aparecem algumas P&A usados nos contentores de recolha selectiva (i.e. embalões, papelões e vidrões); deste modo, propõe-se a realização de uma investigação semelhante para os resíduos provenientes da recolha selectiva multimaterial, por forma a avaliar se este facto se deve à falta de informação ou descuido dos consumidores, ou se deve a condições operacionais relacionadas com a operação de recolha destes contentores, pois muitos pilhões, que estão acoplados nestes contentores, estão danificados ou soltam-se no momento em que os contentores são elevados e despejados para a caixa das viaturas de recolha;
- Tendo em conta a falta de informação e de dados quantitativos relativos às P&A do sector industrial e automóvel, propõe-se uma linha de investigação que passe pela quantificação e diagnóstico da situação actual em matéria de P&A destes sectores;
- Considerando que as P&A se integram nas PQRP presentes nos RSU, de acordo com o PERSUII, seria relevante aplicar este estudo, nomeadamente a metodologia aplicada de caracterização de P&A nos RSU, ao conjunto deste resíduos perigosos, face à falta de informação existente, relativamente à quantidade destes resíduos depositados nos RSU;
- Seria também produtivo, no âmbito desta investigação realizar uma análise à composição e quantidades de metais pesados presentes nas P&A, e comparar com os dados da literatura, referentes a novas P&A;
- De acordo com a revisão da literatura, existe uma tendência de aumento da produção e venda de P&A, quer a nível internacional como nacional. Actualmente a triagem de P&A usados recolhidos no âmbito do SIPAU, é realizada manualmente, o que torna o processo moroso e impreciso no que se refere à correcta triagem destes resíduos. Considerando este crescimento, quer de comercialização de P&A quer de recolha selectiva dos seus resíduos, sugere-se como nova linha de investigação uma avaliação técnico-económica à eficiência do processo manual de triagem de P&A usados e possivelmente também a avaliação de uma possível construção de uma estação de triagem automática em Portugal para um futuro próximo.





## VI.BIBLIOGRAFIA

- ADEME, (2007). *Observatoire des piles et Accumulateurs: Rapport 2006*. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Acedido a 24 de Janeiro de 2008 em: <http://acswebcontent.acs.org/landmarks/drycell/columbia.html>.
- Adriano, D.C. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and risks of metals*. 2.<sup>a</sup> edição. Springer. Acedido a 4 de Fevereiro de 2008 em: <http://books.google.com/>.
- Agnolucci, P. (2007). Economics and market prospects of portable fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*. **32**: 4319-4328.
- Almeida, M. F.; Xará, S. M.; Delgado, J. e Costa, C. A. (2005). Characterization of spent AA household alkaline batteries. *Waste Management*. **26**: 466-476.
- APA, (2008a). *Acumuladores de veículos, industriais e similares*. Agência Portuguesa do Ambiente. Acedido a 24 de Fevereiro de 2008 em: [http://www.apambiente.pt/portal/page?\\_pageid=73,408080&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=15581893&docs=15581727&cboui=15581727](http://www.apambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=15581893&docs=15581727&cboui=15581727).
- APA, (2008b). *Síntese de dados - resíduos sólidos urbanos*. Agência Portuguesa do Ambiente. Acedido a 24 de Fevereiro de 2008 em: [http://www.apambiente.pt/portal/page?\\_pageid=73,408080&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=16037394&docs=16012911&cboui=16012911](http://www.apambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=16037394&docs=16012911&cboui=16012911).
- APA, (2008c). *Metodologia de Caracterização*. Agência Portuguesa do Ambiente. Acedido a 24 de Fevereiro de 2008 em: [http://www.apambiente.pt/portal/page?\\_pageid=73,408080&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=15580693&docs=15566083&cboui=15566083](http://www.apambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=15580693&docs=15566083&cboui=15566083).
- Avicenne, (2005). *Main trends for the rechargeable battery market worldwide 2004-2010*. Pillot, C. Conferência Batteries 2005. 14 a 16 Junho. Paris. Acedido a 8 de Dezembro de 2007 em: [http://www.avicenne.com/gb/batteries\\_and\\_power\\_supply\\_publications.htm](http://www.avicenne.com/gb/batteries_and_power_supply_publications.htm).
- Avicenne, (2006). *An Overview of the European Lithium Batteries R&D main trends 2004-2010*. Madani, A. Florida Educational Seminars. 13 a 16 Março. Florida. Acedido a 25 de Setembro de 2007 em: [http://www.avicenne.com/gb/batteries\\_and\\_power\\_supply\\_publications.htm](http://www.avicenne.com/gb/batteries_and_power_supply_publications.htm).
- BAJ, (2008). *Statistics*. Battery Association of Japan. Acedido a 24 de Janeiro de 2008 em: <http://www.baj.or.jp/e/index.html>.
- Barak, M. (1980). *Electrochemical power sources: primary and secondary batteries*. Peter Peregrinus, Ltd. Exeter.
- BBMA (2007). *Battery Sizes*. British Battery Manufacturers Association. Acedido a 11 de Março de 2007 em: <http://www.bbma.co.uk/batterysizes.htm>.
- Bergveld, H.J.; Kruijtit, W.S. e Notten (2002). *Battery Management Systems: Design by Modelling*. Springer-Verlag New York, LLC. Nova Iorque. Acedido a 14 de Dezembro de 2007 em: <http://books.google.com/>.
- Berthelin, J.; Munier-Lamy, C. e Leyval, C. (1995). Effect of microorganisms on mobility of heavy metals in soils. In *Environmental Impacts of Soil Component Interactions: Metals, Other Inorganics, and Microbial Activities, Volume II*. Huang, P. M.; Berthelin, J.; Bollag, J. -M.; MacGill, W. B.; Page, A.L. (Edit.). Taylor and Francis CRC Press. Londres. Acedido em 11 de Fevereiro de 2008, em: <http://books.google.com/>.

- Branco, A. (2007). *A experiência dos Sistemas Multimunicipais (SMM)*. Apresentação realizada no Workshop -A gestão de resíduos em regiões insulares: o desafio para os Açores. 3 de Dezembro de 2007. Faial. Acedido em 25 de Fevereiro de 2008, em: [http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/0DBD305B-51F2-4628-9844-B35F79F2F8A1/179236/Aexperinciadossistemasmultimunicipais\\_EngAntnioBra.pdf](http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/0DBD305B-51F2-4628-9844-B35F79F2F8A1/179236/Aexperinciadossistemasmultimunicipais_EngAntnioBra.pdf).
- Caria, M.J. (2007a). Comunicação pessoal da Dr<sup>a</sup> Maria João Caria, assessora técnica da Ecopilhas, através de e-mail no dia 2 de Agosto.
- Caria, M.J. (2007b). Comunicação pessoal da Dr<sup>a</sup> Maria João Caria, assessora técnica da Ecopilhas, através de e-mail no dia 19 de Setembro.
- Carvalho, E. M. D. B. (2005). *Metodologias para a quantificação e caracterização física de Resíduos Sólidos Urbanos*. Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Sanitária, pela Universidade Nova de Lisboa. Monte da Caparica
- CE (2001). *Heavy Metals in Waste*. Final Report. Comissão Europeia. Acedido em 10 de Fevereiro de 2008, em: [http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy\\_metalsreport.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy_metalsreport.pdf).
- CE (2003a). *Impact assessment on selected policy options for revision of the battery directive*. Directorate General Environment. Acedido em 13 de Março de 2007, em: [http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/eia\\_batteries\\_final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/eia_batteries_final.pdf).
- CE (2003b). *Directive of the European Parliament and of the Council on batteries and accumulators and spent batteries and accumulators, extended impact assessment*. Commission staff working paper. Bruxelas. Acedido em 24 de Agosto de 2007, em: [http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/exten\\_impact\\_assessment.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/exten_impact_assessment.pdf).
- Chang, R. (1994). *Química*. 5.<sup>a</sup> edição. Ramos, J.J.; Santos, M.N.; Fernandes, A.C.; Saramago, B.; Pereira, E. J.; Mano, J.F. (Trad.). MacGraw-Hill de Portugal, Lda. Lisboa.
- Corepile (2007). *Bilan d'activité 2006*. Corepile. França. Acedido em 24 de Janeiro de 2008, em: <http://www.corepile.fr/docs/bilanCorepile2006.pdf>.
- Crompton, T.R. (2000). *Battery Reference Book*. 3.<sup>a</sup> edição. Newnes. Reino Unido. Acedido em 14 de Dezembro de 2007, em: <http://books.google.com/>.
- CSA- TMO e CollectNicad (2002). *Consumer motivations to take back spent batteries and spent electronic and electrical equipment*. Apresentação realizada na conferência internacional Batteries 2002, realizada em Paris em Abril de 2002. Acedido em 14 de Março de 2007, em: [http://www.rechargebatteries.org/02\\_CSA-TMO\\_Consumer\\_Behaviour.pdf](http://www.rechargebatteries.org/02_CSA-TMO_Consumer_Behaviour.pdf).
- Decreto-Lei n.º 219/94 de 20 de Agosto. Diário da República n.º 192/94 - I Série-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 62/2001, de 19 de Fevereiro. Diário da República n.º 42/2001 - I Série A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro. Diário da República n.º 288/2004 - I Série-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 174/2005, de 25 de Outubro. Diário da República n.º 205/2005 - I Série-A. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro. Diário da República n.º 171/2006 - I Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

- Despacho n.º 6493/2002 de 26 de Março. Diário da República n.º 72/2002 - II Série. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Despacho n.º 454/2006 de 9 de Janeiro. Diário da República n.º 6/2006 - II Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Directiva 91/157/CEE do Conselho, de 18 de Março. JO L 266 de 26 de Março de 1991, p. 38. Comissão das Comunidades Europeias. Bruxelas.
- Directiva 93/86/CEE da Comissão, de 4 de Outubro. JO L 264 de 23 de Outubro de 1993, p. 51-52. Comissão das Comunidades Europeias. Bruxelas.
- Directiva 98/101/CEE da Comissão, de 22 de Dezembro JO L 1 de 5 de Janeiro de 1999, p. 1-2. Comissão das Comunidades Europeias. Bruxelas.
- Directiva 2000/532/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 3 de Maio de 2000. JO L 226 de 6 de Setembro de 2000, p. 3-24. Parlamento Europeu e Conselho. Estrasburgo.
- Directiva 2006/66/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Setembro de 2006. JO L 266 de 26 de Setembro de 2006, p. 1. Parlamento Europeu e Conselho. Estrasburgo.
- Directiva 2006/66/CE (Rectificação) do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Setembro de 2006. JO L 339 de 6 de Dezembro de 2006, p.39. Parlamento Europeu e Conselho. Estrasburgo.
- DEFRA (2006). *Battery Waste Management Life Cycle Assessment*. Final Report for Publication. UK Department of Environment, Food and Rural Affairs. Reino Unido. Acedido em 14 de Setembro de 2007, em:  
<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/topics/batteries/pdf/erm-lcareport0610.pdf>.
- Dell, R. e Rand, J. (2001). *Understanding Batteries*. Royal Society of Chemistry. Reino Unido. Acedido em 14 de Dezembro de 2007, em: <http://books.google.com/>.
- EC (2007b). *Canadian Consumer Battery Baseline Study - Final Report*. Environment Canada. Acedido a 24 de Janeiro 2008, em: <http://www.ec.gc.ca/nopp/docs/rpt/battery/en/toc.cfm>.
- Ecopilhas (2007a). *Guia de Procedimentos para Produtores e Importadores*. Ecopilhas. Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados, Lda. Acedido a 27 de Março de 2007, em:  
<http://www.ecopilhas.pt/>.
- Ecopilhas (2007b). *Portugal em 6º lugar*. Ecopilhas, Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados, Lda. Acedido a 5 de Novembro de 2007, em:  
<http://www.ecopilhas.pt/portal/index.php?id=29061>.
- Ecopilhas (2007c). *Guia de procedimentos para produtores e importadores*. Ecopilhas, Sociedade Gestora de Pilhas e Acumuladores Usados, Lda. Acedido a 31 de Outubro de 2007, em:  
<http://www.ecopilhas.pt/portal/index.php?id=1006>.
- EEB (2007a). *FOR INFO: ENDS article - Committee questions commission's battery powers*. Waste.workinggroup da EEB, através de e-mail enviado no dia 10 de Maio.
- EEB (2007b). *EU national transposition of the battery directive*. Waste.workinggroup da EEB, através de e-mail enviado no dia 20 de Junho.
- EEB (2008). *EU national transposition of the battery directive*. Waste.workinggroup da EEB, através de e-mail enviado no dia 8 de Fevereiro.
- Environment Canada (2007). *Canadian consumer battery baseline study - final report*. Governo canadiano. Canada. Acedido a 14 de Janeiro de 2008 em:

<http://www.ec.gc.ca/nopp/docs/rpt/battery/en/toc.cfm>.

EPBA (2004). *Collection of portable batteries in the EU*. Presentation of Khush Marolia at the ICBR Congress 2004. Acedido em 14 de Março de 2007, em:

<http://www.epbaeurope.net/PositionPapers/KM%20como%20presentation%20final%20-%20june%2004.pdf>.

EPBA (2004b). *Collection of Portable Batteries in the EU*. By Khush Marolia on behalf of the EPBA. Presentation to the 9th International Congress for Battery Recycling. June 2 - 4 , 2004. Como, Italia. Acedido a 5 de Novembro de 2007, em:

<http://www.epbaeurope.net/PositionPapers/KM%20como%20presentation%20final%20-%20june%2004.pdf>.

EPBA (2007). *European portable battery market*. European Portable Battery Association. Acedido a 15 de Março de 2007, em:

<http://www.epbaeurope.net/batterymarket.html>.

EPER (2007). *Carbon dioxide, emissions to air per industrial activity, EU25, 2004*. European Environment Agency. Denmark. Acedido em 19 de Outubro de 2007, em:

[http://www.eper.ec.europa.eu/eper/emissions\\_pollutants.asp?CountryCode=EU25&EmissionSelectionAir=on&EmissionSelectionWaterDirect=on&EmissionSelectionWaterIndirect=on&Year=2004&PollutantId=5](http://www.eper.ec.europa.eu/eper/emissions_pollutants.asp?CountryCode=EU25&EmissionSelectionAir=on&EmissionSelectionWaterDirect=on&EmissionSelectionWaterIndirect=on&Year=2004&PollutantId=5).

Eurostat (2007). *Prodcom annual data 2006 - statistics on the production of manufactured goods*. Free data. Industry, trade and services. Acedido em 14 de Setembro de 2007, em:

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP\\_DS\\_PRODCOM/PGE\\_DS\\_PRODCOM/PGE\\_DS\\_PRODCOM\\_01/AVAILABILITY%202006%20ALLEU\\_NONEU\\_I.XLS](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP_DS_PRODCOM/PGE_DS_PRODCOM/PGE_DS_PRODCOM_01/AVAILABILITY%202006%20ALLEU_NONEU_I.XLS).

Freedonia Group (2006). *World batteries industry study with forecasts to 2010 & 2015*. Freedonia Group. Acedido em 26 de Janeiro de 2008, em:

<http://www.freedoniagroup.com/pdf/2095smwe.pdf>.

GRS (2007). *Success Monitor*. GRS Batterien. Acedido a 24 de Janeiro de 2008 em: <http://www.grs-batterien.de/engl/information/download/monitor6.pdf>.

Hansmann, R.; Berbasconi, P.; Srnieszek, T.; Loukopoulos, P. e Scholz, R. W. (2005). Justifications and self-organization as determinants of recycling behavior: the case of used batteries. *Resources, Conservation and Recycling* **47**: 133–159.

INOBAT (2007). *Rapport sur l'activité 2006*. INOBAT. Acedido em 24 de Janeiro de 2008, em:

[http://www.inobat.ch/fileadmin/user\\_upload/pdf/Inobat\\_BAFU\\_Rapport\\_2006.pdf](http://www.inobat.ch/fileadmin/user_upload/pdf/Inobat_BAFU_Rapport_2006.pdf).

ISO 14040 (2006). *Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*. ISO. Acedido em 14 de Fevereiro de 2008, em:

[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=38498](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38498).

Kabata-Pendias, A. e Pentias, H. (2001). *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press. Acedido em 11 de Fevereiro de 2008 em: <http://books.google.com/>.

Kiehne, H.Z. (2003). *Battery Technology Handbook: Second Edition*. CRC Press. Acedido a 18 de Abril de 2007 em: <http://www.myilibrary.com/Browse/open.asp?ID=19250&loc=cover>.

Krishtal, O.A.; Petersen, O.H. e Verkhatsky, A. (2006). From Galvani to patch clamp: the development of electrophysiology. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*. **453**: 233-247.

Linden, D. (1985). *Handbook of Batteries and Fuel Cells*. McGraw-Hill Book Company. Londres.

- Martinho, M. G. (1998). *Factores determinantes para os comportamentos de reciclagem- caso estudo: sistema de vidrões*. Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia do Ambiente, especialidade Sistemas Sociais pela Universidade Nova de Lisboa.
- Martinho, M. G.; Gonçalves, M. G.; Pires, A. L. e Ribeiro, R. (2005). *Fase C: medidas para melhorar os indicadores de reciclagem material dos RSU e dos fluxos especiais de resíduos*. Relatório final elaborado para o INR, ao abrigo do contrato n.º 10/04. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Martinho, M. G.; Gonçalves, M. G.; Pires, A. L. e Ribeiro, R. (2006). *Fase E: gestão de fluxos especiais*. Relatório final elaborado para o INR, ao abrigo do contrato n.º 10/04. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- MAOTDR (2007). Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 (*PERSU II*). Série de publicações dos MAOTDR.
- Naidu, R.; Krishnamurti, G. S. R.; Wenzel, W.; Megharaj, M. e Bolan, N. S. (2001). Heavy metal interactions in soils and implications for soil microbial biodiversity. In *Metals in the environment: analysis by biodiversity*. Prasad, M. N. V. (Edit.). CRC Press. Acedido a 11 de Fevereiro de 2008 em: <http://books.google.com/>.
- NRCD (2006). *Toxic trade: the global metallic mercury market*. Natural Resources Defense Council. Acedido a 20 de Janeiro de 2007 em: <http://www.nrdc.org/international/ftoxic.asp>.
- Perk, M. (2006). *Soil and water contamination: from molecular to catchment scale*. Taylor and Francis. Acedido a 11 de Fevereiro de 2008 em: <http://books.google.com/>.
- Philips, D. J. H. e Rainbow, P. S. (1994). *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*. Chapman & Hall. Acedido a 10 de Fevereiro de 2008 em: <http://books.google.com/>.
- Pistoia, G.; Wiaux, J. -P. e Wolsky, S. P. (2001). *Used Battery Collection and Recycling*. Elsevier. pp. 1-6. Acedido a 20 de Setembro de 2007 em: [http://www.amazon.com/gp/reader/0444505628/ref=sib\\_dp\\_pt/102-0399317-2228167#reader-link](http://www.amazon.com/gp/reader/0444505628/ref=sib_dp_pt/102-0399317-2228167#reader-link).
- Pistoia, G. (2005). *Batteries for Portable Devices*. Elsevier. Acedido a 18 de Abril de 2007 em: <http://www.mylibrary.com/Browse/open.asp?ID=62880&loc=2>.
- Portaria n.º 571/2001 de 6 de Junho. Diário da República n.º 131/2001 - I Série-B. Ministério da Economia e Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa
- Portaria n.º 572/2001 de 6 de Junho. Diário da República n.º 131/2001 - I Série-B. Ministério da Economia e Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa
- Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro. Diário da República n.º 286/1996 - I Série B. Ministérios da Economia, da Saúde e do Ambiente. Lisboa.
- Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março. Diário da República n.º 53/2004 - I Série B. Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa.
- Portaria n.º 178/2007 de 12 de Fevereiro. Diário da República n.º 301/2007 - I Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Porter, F. (1991). *Zinc Handbook: Properties, Processing, and Use in Design*. CRC Press. Acedido em 14 Dezembro 2007 em: <http://books.google.com/>.

- P&G (2007). *Duracell Company History*. Procter and Gamble Company. Acedido em 14 de Dezembro de 2007, em: <http://www.duracell.com/us/company/history.asp?id=50&>
- Ras, R. (2007). *Printed and thin film photovoltaics and batteries: technologies, forecasts and players*. IDTechEx. Acedido em 28 Janeiro 2008 em: <http://www.idtechex.com/products/en/view.asp?productcategoryid=130>.
- RECHARGE (2005). *Contribution of spent batteries to the metal flows of municipal solid waste*. RECHARGE. Bruxelas. Acedido em 14 de Março de 2007, em: [http://www.rechargebatteries.org/RelDoc\\_Metals\\_flow\\_of\\_MSW\\_2005\\_FL.pdf](http://www.rechargebatteries.org/RelDoc_Metals_flow_of_MSW_2005_FL.pdf).
- Shah, K.L. (2000). *Basics of Solid and Hazardous Waste Management Technology*. Prentice-Hall, Inc.
- StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA (data analysis software system), version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- STIBAT (2007a). *How many batteries contains an average dutch household?*. STIBAT. Acedido em 14 de Setembro de 2007, em: <http://www.legebatterijen.nl/en/tabalgemeen/index.aspx>.
- STIBAT (2007b). *Stichting Batterijen annual report 2006*. STIBAT. Acedido em 24 de Janeiro de 2008, em: [http://www.stibat.nl/\\_files/en\\_jaarverslag2006.pdf](http://www.stibat.nl/_files/en_jaarverslag2006.pdf).
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H. e Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions.
- U.S. Census Bureau (2008). *International Data Base: total midyear population*. U.S. Census Bureau. Acedido em 4 de Fevereiro de 2008 em: <http://www.census.gov/cgi-bin/ipc/idbsprd>.
- Whitfield, P. (1999). *Landmarks in Western Science*. The British Library. Londres.
- WHO (1982). *Micropollutants in river sediments*. World Health Organization. Copenhagen. Acedido a 14 de Fevereiro de 2008 em: [http://whqlibdoc.who.int/euro/r&s/EURO\\_R&S\\_61.pdf](http://whqlibdoc.who.int/euro/r&s/EURO_R&S_61.pdf).
- Yanase, R; Hirata, O. E Matsufuji, Y (2007). *Treatment and disposal of household batteries*. Sardinia International Waste Management Symposium 2007. Sta. Margarita de Pula, Sardenha.

## **VII.ANEXOS**





**VII.1. ANEXO A – Composição das Pilhas e Acumuladores portáteis**



Quadro VII.I. Composição dos vários sistemas químicos de P&A, em peso húmido e classificação de riscos específicos atribuídos às substâncias e preparações perigosas.

Componentes	Sistemas Químicos									Classificação e natureza dos riscos (4)
	Zinco Carbono	Alcalinas de Manganês	Lítio	Zinco-ar (pilha “botão”)	Óxido de Prata (pilha “botão”)	Níquel Cádmio	Níquel Hidreto metálico	Iões de Lítio	Ácidas de Chumbo pequenas seladas	
Metais (% em peso húmido)										
Chumbo (Pb)	(1) (-) (2) (-) (3) max. 0,2								(1) 50- 75 (2) 65 (3) 58 - 70	Repr. Cat. I, Xn; R: 61-20/22-33: Reprodução categoria I; risco durante a gravidez de efeitos indesejáveis na descendência, nocivo por inalação e por ingestão; perigos de efeitos cumulativos
Mercurio (Hg)	(1) 0,010 (2) (-) (3) (-)	(1) 0,025 (2) (-) (3) (-)		(1) 0,4-1,0 (2) 2 (3) (-)	(1) 0,4-1,0 (2) 1 (3) (-)					T; R: 23-33: Tóxico; tóxico por inalação e perigos de efeitos cumulativos
Cádmio (Cd)						(1) 10 - 20 (2) 15 (3) 14 - 20				Xn; R: 20/21/22: Nocivo; nocivo por inalação, em contacto com a pele e por ingestão
Níquel (Ni)						(1) 16 - 21 (2) 20 (3) 16 - 24	(1) 30 – 42 (2) 70 (3) 30 - 42			Carc. Cat. 3; R:40: Carcinogénico categoria 3; possibilidade de efeitos irreversíveis
Zinco (Zn)	(1) (-) (2) 20 (3) 20-25	(1) (-) (2) 20 (3) 15-17		(1) (-) (2) 30 (3) (-)	(1) (-) (2) 10 (3) (-)					F; R:10-15-17: Facilmente inflamável; em contacto com a água liberta gases extremamente inflamáveis; espontaneamente inflamável ao ar
Manganês (Mn)	(1) (-) (2) 25 (3) (-)	(1) (-) (2) 30 (3) (-)	(1) (-) (2) 30 (3) (-)				(1) (-) (2) 5 (3) (-)	(1) (-) (2) 30 (3) (-)		Xn; R: 20/22: Nocivo; nocivo por inalação e também ingestão
Prata (Ag)					(1) (-) (2) 30 (3) (-)					(-)
Lítio (Li)			(1) (-) (2) 2 (3) 3					(1) 2 - 3 (2) 2 (3) 3		F, C; R: 14/15-34: Facilmente inflamável, corrosivo; reage violentamente em contacto com a água, libertando gases extremamente inflamáveis; provoca queimaduras
Ferro (Fe)	(1) (-) (2) 20 (3) (-)	(1) (-) (2) 20 (3) (-)	(1) (-) (2) 50 (3) (-)	(1) (-) (2) 45 (3) (-)	(1) (-) (2) 40 (3) (-)	(1) 3,0 - 4,5 (2) 45 (3) (-)	(1) 22 – 25 (2) (-) (3) (-)	(1) (-) (2) 50 (3) (-)		(-)
Alumínio (Al)							(1) 0,5 - 2 (2) 5 (3) (-)	(1) 14 - 16 (2) (-) (3) (-)		F; R: 10-15-17: Facilmente inflamável; em contacto com a água liberta gases extremamente inflamáveis; espontaneamente inflamável ao ar
Cobalto (Co)						(1) 0,4 - 0,6 (2) (-) (3) (-)	(1) 3,0 - 4,5 (2) 10 (3) (-)	(1) 16 - 18 (2) (-) (3) (-)		Xn; R: 42/43: Nocivo; pode causar sensibilização por inalação e também por contacto com a pele
Cobre (Cu)								(1) 14 - 16 (2) (-) (3) (-)		(-)
Electrólitos (% em peso húmido)										
Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )									(1) 22 - 30 (2) 8 (3) (-)	C; R: 35: Corrosivo; provoca queimaduras graves

(continua)

Quadro VII.I. Composição dos vários sistemas químicos de P&A, em percentagem em peso húmido e classificação de riscos específicos atribuídos às substâncias e preparações perigosas (continuação)

Componentes	Sistemas Químicos									Classificação e natureza dos riscos (4)
	Zinco Carbono	Alcalinas de Manganês	Lítio	Zinco-ar (pilha "botão")	Óxido de Prata (pilha "botão")	Níquel Cádmio	Níquel Hidreto metálico	Iões de Lítio	Ácidas de Chumbo pequenas seladas	
Hidróxido de Potássio (KOH)		(1) (-) (2) 5 (3) (-)		(1) (-) (2) 4. (3) (-)	(1) (-) (2) 3. (3) (-)	(1) 18 - 22 (2) 5. (3) (-)	(1) 5 - 10 (2) 5. (3) (-)			C; R: 35: Corrosivo; provoca queimaduras graves
Hidróxido de Sódio (NaOH)							(1) (-) (2) 5. (3) (-)			C; R: 35: Corrosivo; provoca queimaduras graves
Cloreto de Amónio/ Cloreto de Zinco (NH <sub>4</sub> Cl/ ZnCl <sub>2</sub> )	(1) (-) (2) 5 (3) (-)									(-)
Electrólito orgânico			(1) (-) (2) 10 (3) (-)					(1) 16 - 18 (2) 10. (3) (-)		(-)
Água (H <sub>2</sub> O)	(1) (-) (2) 10 (3) (-)	(1) (-) (2) 10 (3) (-)		(1) (-) (2) 8 (3) (-)	(1) (-) (2) 6 (3) (-)	(1) (-) (2) 10 (3) (-)	(1) (-) (2) (-). (3) (-)		(1) (-) (2) 17 (3) (-)	(-)
Não-metálicos (% em peso húmido)										
Plástico, papel carbono	(1) (-) (2) 20 (3) (-)	(1) (-) (2) 15 (3) (-)	(1) (-) (2) 10 (3) (-)	(1) (-) (2) 12 (3) (-)	(1) (-) (2) 10 (3) (-)	(1) 5 (2) 5 (3) (-)	(1) 4 (2) (-). (3) (-)	(1) 2 - 4 (2) 10 (3) (-)	(1) 20 - 24 (2) 11 (3) (-)	(-)

(-) Não disponível; (1) Pistoia (2005); (2) EC (2007); (3) RECHARGE (2005); (4) Anexo I da Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro

**VII.2. ANEXO B – Anexo III da Directiva 2006/157/CE, de 6 de Setembro**

### **ANEXO III**

#### **Requisitos pormenorizados relativos ao tratamento e à reciclagem**

##### **PARTE A: TRATAMENTO**

1. O tratamento inclui, no mínimo, a extracção de todos os fluidos e ácidos.
2. O tratamento e qualquer armazenamento, incluindo o armazenamento temporário, em instalações de tratamento são feitos em locais com superfícies impermeáveis e uma cobertura impermeável adequada ou em contentores adequados.

##### **PARTE B: RECICLAGEM**

3. Os processos de reciclagem deverão atingir os seguintes rendimentos mínimos de reciclagem:
  - a) Reciclagem de 65 %, em massa, das pilhas e acumuladores de chumbo-ácido, incluindo a reciclagem do mais elevado teor possível de chumbo que seja tecnicamente viável, evitando simultaneamente custos excessivos;
  - b) Reciclagem de 75 %, em massa, das pilhas e acumuladores de níquel-cádmio, incluindo a reciclagem do mais elevado teor possível de cádmio que seja tecnicamente viável, evitando simultaneamente custos excessivos; e
  - c) Reciclagem de 50 %, em massa, de outros resíduos de pilhas e de acumuladores.

**VII.3. ANEXO C – Anexos II e III do Decreto-Lei n.º  
62/2001, de 19 de Fevereiro**

## **ANEXO II**

### **Sistema de marcação**

1 — De acordo com o n.º 3 do artigo 6.º, os produtores e importadores não podem comercializar qualquer pilha ou acumulador constante do anexo I que não esteja marcado com um dos símbolos ilustrados abaixo:

2 — A dimensão do símbolo previsto no número anterior será equivalente a 3% da superfície da face maior da pilha ou do acumulador, não podendo exceder um máximo de 5 cm × 5 cm. Quando se trate de pilhas cilíndricas, a dimensão do símbolo deve ser equivalente a 3% da metade da superfície do cilindro, não podendo exceder um máximo de 5 cm × 5 cm. Se, devido à dimensão da pilha ou do acumulador, a superfície a ocupar pelo símbolo for inferior a 0,5 cm × 0,5 cm, não é exigida a marcação da pilha ou do acumulador, devendo no entanto ser impresso na embalagem um símbolo com a dimensão 1 cm × 1 cm.

3 — Ainda de acordo com o n.º 3 do artigo 6.º, os produtores e importadores não podem comercializar qualquer pilha ou acumulador constante do anexo I que não esteja marcado com um símbolo indicativo do teor de metais pesados. Este símbolo é constituído pelo símbolo químico do metal em causa, isto é, Hg, Cd ou Pb, de acordo com a categoria das pilhas ou acumuladores descritos no anexo I.

4 — O símbolo a que se refere o n.º 3 será impresso por baixo do símbolo previsto no n.º 1. A sua dimensão deve equivaler a pelo menos um quarto da superfície do símbolo descrito no n.º 1.

5 — Qualquer dos símbolos mencionados deve ser impresso de forma visível, legível e indelével.

## **ANEXO III**

### **Lista das categorias dos aparelhos excluídos do âmbito de aplicação do n.º 5 do artigo 6.º**

1 — Aparelhos cujas pilhas são soldadas ou fixadas de forma permanente por qualquer outro meio a pontos de contacto, a fim de assegurarem uma alimentação eléctrica contínua para uma utilização industrial intensiva e para preservar a memória e os dados de equipamentos informáticos e buróticos, sempre que a utilização das pilhas e acumuladores referidos no anexo I for tecnicamente necessária.

2 — Pilhas de referência dos aparelhos científicos e profissionais, bem como pilhas e acumuladores colocados em aparelhos médicos destinados a manter as funções vitais e em estimuladores cardíacos, sempre que o seu funcionamento permanente seja indispensável e a remoção das pilhas e acumuladores apenas possa ser feita por pessoal qualificado.

3 — Aparelhos portáteis, quando a substituição das pilhas por pessoal não qualificado possa submeter o utente a riscos de segurança ou possa afectar o funcionamento dos aparelhos e equipamento profissional destinados a serem utilizados em meios ambientes muito sensíveis como, por exemplo, em presença de substâncias voláteis. Os aparelhos cujas pilhas e acumuladores não possam ser facilmente substituídos pelo utente, nos termos do presente anexo, devem ser acompanhados de instruções de utilização que informem o utente de que o conteúdo das pilhas ou acumuladores apresenta perigos para o ambiente, indicando-lhe a forma de os remover com toda a segurança.



#### **VII.4. ANEXO D – Catálogo de Pilhas e Acumuladores**

# CATÁLOGO DE PILHAS E ACUMULADORES

As pilhas e acumuladores (P&A) são, em termos gerais, divididas em três grandes grupos:

**P&A Portáteis:** que são hermeticamente fechadas, de fácil transporte à mão por qualquer pessoa e em que o peso é normalmente inferior a 1 kg (usadas por consumidores domésticos e profissionais).

**P&A do sector industrial:** não são hermeticamente fechadas, nem destinadas a veículos automóveis e com peso superior a 1 kg (baterias usadas na indústria).

**P&A de veículos automóveis:** com peso superior a 1 kg (baterias grandes usadas como baterias de arranque e ignição em automóveis).

No âmbito do estudo apenas estão a ser consideradas as *pilhas portáteis*, que são utilizadas para uso doméstico.

As P&A são também classificadas em primárias (não recarregáveis) e secundárias/acumuladores (recarregáveis).






Em termos de sistemas químicos constituintes das P&A, a tabela seguinte apresenta os principais sistemas químicos das pilhas primárias e secundárias, assim como as suas utilizações mais comuns:

Tipo	Utilização mais comum
<i>Pilhas Primárias (não recarregáveis)</i>	
Principais Tipos - Cilíndricas	
Zinco – Carvão	Relógios, brinquedos, flashes (máquinas fotográficas), lanternas eléctricas portáteis
Alcalinas/Manganês	Rádios, brinquedos, leitores de cassetes, lanternas eléctricas portáteis, máquinas fotográficas.
Pilhas botão	
Óxido de prata	Máquinas fotográficas, relógios, máquinas de calcular de bolso.
Zinco - Ar	Próteses auditivas, agendas de bolso.
Lítio - Manganês	Máquinas de calcular de bolso, máquinas fotográficas e máquinas fotográficas digitais.
<i>Pilhas Secundárias ou Acumuladores (recarregáveis)</i>	
Níquel – Cádmio (Ni-Cd)	Ferramentas de trabalho (ex. berbequins), Ferramentas de jardinagem, sinalização de emergência, escovas de dentes eléctricas.
Níquel - Hidreto Metálico (NiMH)	Telefones sem fios, telemóveis, computadores portáteis.
Iões de Lítio	Telemóveis, computadores portáteis


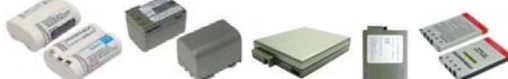
# Formatos de Pilhas e Acumuladores

## Pilhas Standard

Formatos cilíndricos utilizados para a maioria das pilhas primárias (alcalinas e de zinco-carvão), assim como para as secundárias de Ni-Cd e Ni-Hm:

	<b>Numeração americana</b>	<b>Numeração Normas Internacionais</b>
	D	LR20 ou R20
	C	LR14 ou R14
	AA	LR6 ou R6
	9V	6LR61 ou 6F22
	AAA	LR03 ou R03

## Outros Formatos

Pilhas Botão	
Pilhas de Lítio	
Acumuladores Iões de Lítio	
Acumuladores Ni-Cd	
Acumuladores Ni-Hm	
Baterias para modelismo	
Baterias para câmaras fotográficas/vídeo	
Baterias para telefones sem fios	
Baterias para telemóveis	

## **Lista de Equipamentos Electrónicos com Pilhas e Acumuladores**

Equipamentos Eléctricos e Electrónicos que possam conter P&A no seu interior:

Máquinas fotográficas  
Máquinas de filmar  
Máquinas de calcular  
Máquinas de barbear  
Telefones de casa sem fios  
Telemóveis  
Computadores portáteis  
PDA  
Agendas de bolso  
Comandos de TV, DVD, Aparelhagens  
Relógios de parede  
Relógios de pulso  
Leitores de Cassete  
Leitores de CD  
Leitores portáteis de DVD  
Leitores de MP3  
Rádios portáteis  
Televisores portáteis  
Lâminas de barbear com pilha  
Escovas de dentes com pilha  
Ferramentas Eléctricas sem fios (ex. berbequins)  
Ferramentas de Jardinagem sem fios (ex. cortadores de relva)  
Aspiradores sem fios  
Rádios despertadores  
Brinquedos  
Colunas portáteis  
Ratos sem fios  
Teclados sem fios  
Termómetros digitais.

**VII.5. ANEXO E – Modelo de boletim de registo das características das amostragens realizadas por campanha**

## Campanha de Caracterização de Resíduos – SMAUT

## Amostragens Realizadas

## Local

**(Datas de realização da campanha)**

[illegible]

**VII.6. ANEXO F – Modelo de boletim de registo utilizado nas campanhas de RSU para registo das quantidades de P&A amostrados**

**Boletim de Registo de Pesagens das Amostras de Pilhas e Acumuladores Usados**  
Campanhas de Caracterização e Quantificação de RSU

Sistema de Gestão RSU: \_\_\_\_\_ Boletim de registo n.º: \_\_\_\_\_

Local da Campanha: \_\_\_\_\_ Origem da amostra: Grupo \_\_\_\_\_  
Circuito \_\_\_\_\_  
Quantidade amostrada (Kg): \_\_\_\_\_ Outro: \_\_\_\_\_

Observações Gerais: \_\_\_\_\_ Data e hora: Dia: \_\_\_\_\_  
Hora início \_\_\_\_\_  
Hora fim \_\_\_\_\_  
Tempo total \_\_\_\_\_

Saco com Pilhas e Acumuladores usados soltos

Sistemas Químicos					Formatos				
		Unidades (g)					Unidades (g)		
	Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B		Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B
Total					Total				
Categorias	Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B	Categorias	Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B
Primárias					D/LR20/R20				
Zinco-Carbono					C/LR14/R14				
Alcalinas					AA/LR6/R6				
Lítio					AAA/LR03/R03				
Outros					4,5V/3LR12/3R12				
Secundárias					9V/6LR61/6F22				
Ni-Cd					Pilhas botão				
Ni-Hm					Outros				
Iões de Lítio					Observações:				
Outros									
Não determinado									
Observações:					Observações:				

Pilhas e Acumuladores usados em EEE

Sistemas Químicos					Formatos				
		Unidades (g)					Unidades (g)		
	Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B		Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B
Total					Total				
Categorias	Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B	Categorias	Nº de PeA	Peso (A)	Tara (B)	A-B
Primárias					D/LR20/R20				
Zinco-Carbono					C/LR14/R14				
Alcalinas					AA/LR6/R6				
Lítio					AAA/LR03/R03				
Outros					4,5V/3LR12/3R12				
Secundárias					9V/6LR61/6F22				
Ni-Cd					Pilhas botão				
Ni-Hm					Outros				
Iões de Lítio									
Outros									
Não determinado									
Observações:					Observações:				

Data:

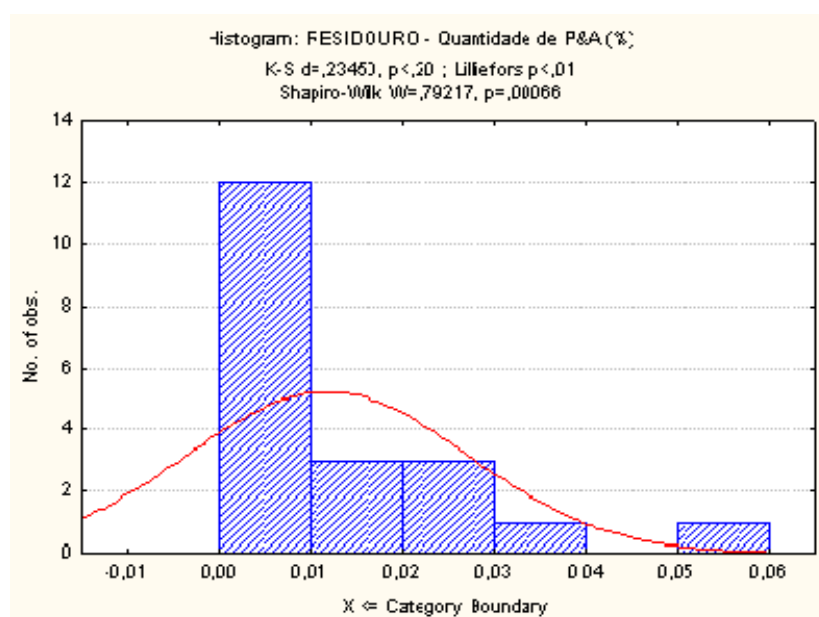
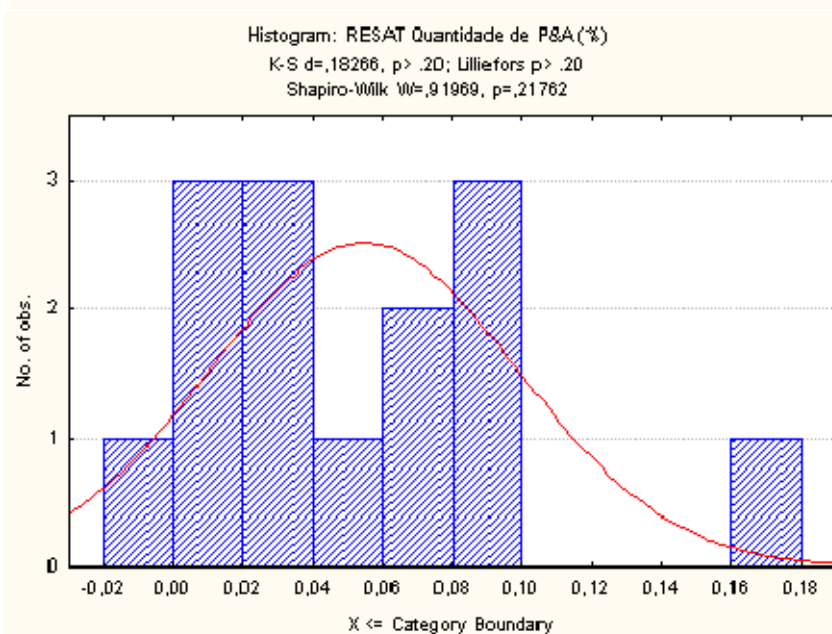
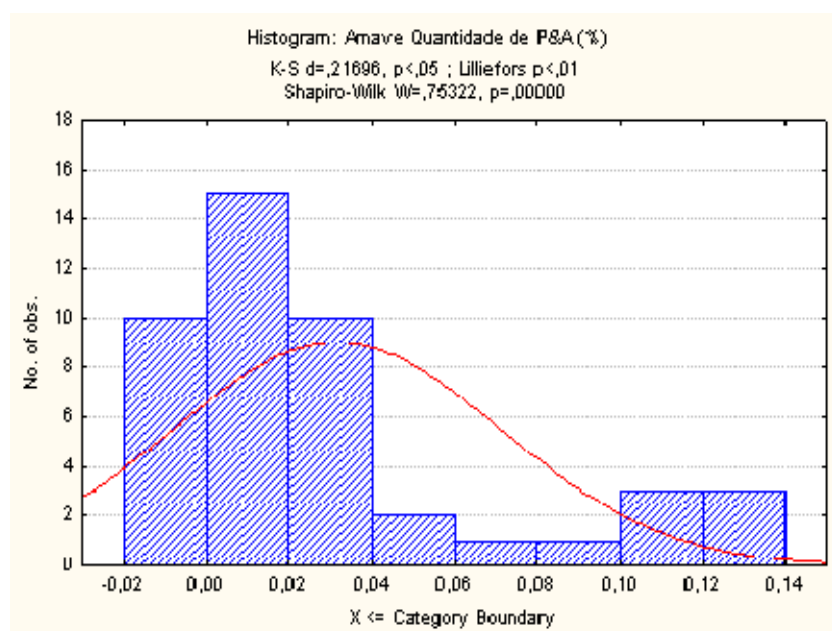


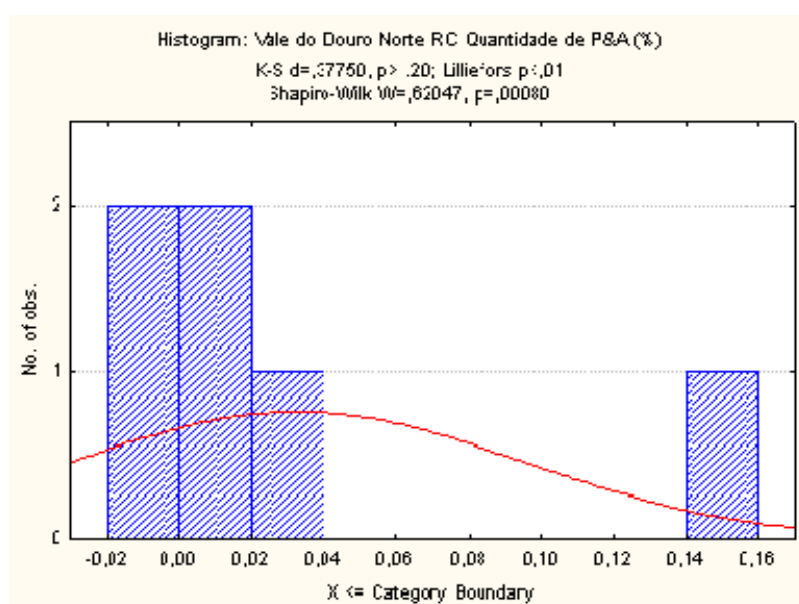
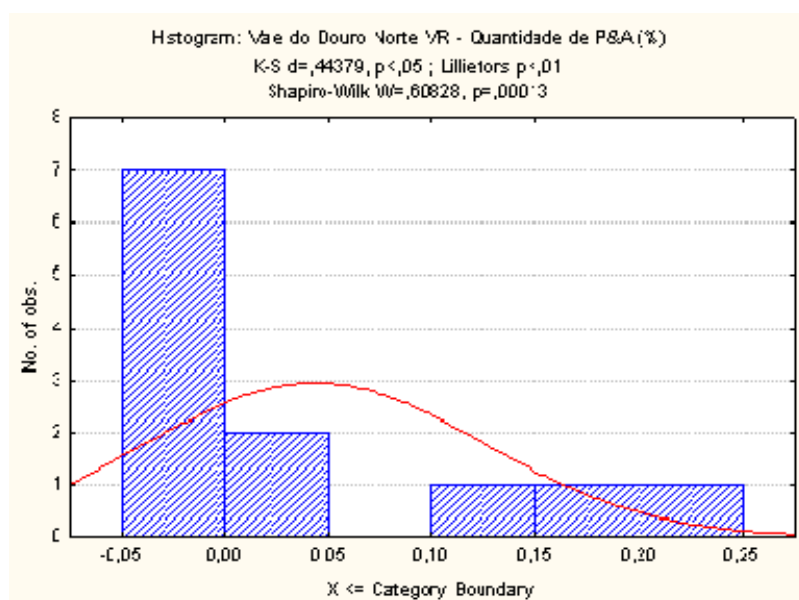
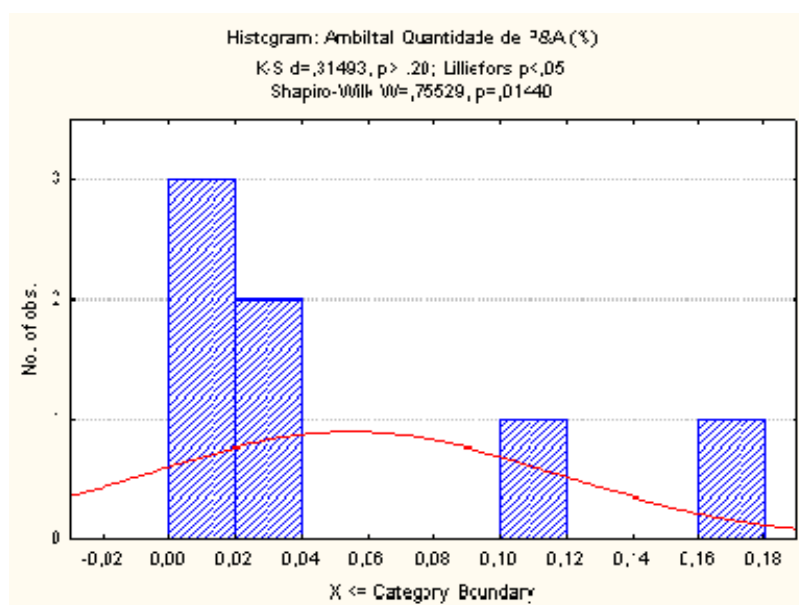
**VII.7. ANEXO G – Tabela de pesos médios correspondentes  
a cada sistema químico e formato de P&A portáteis**

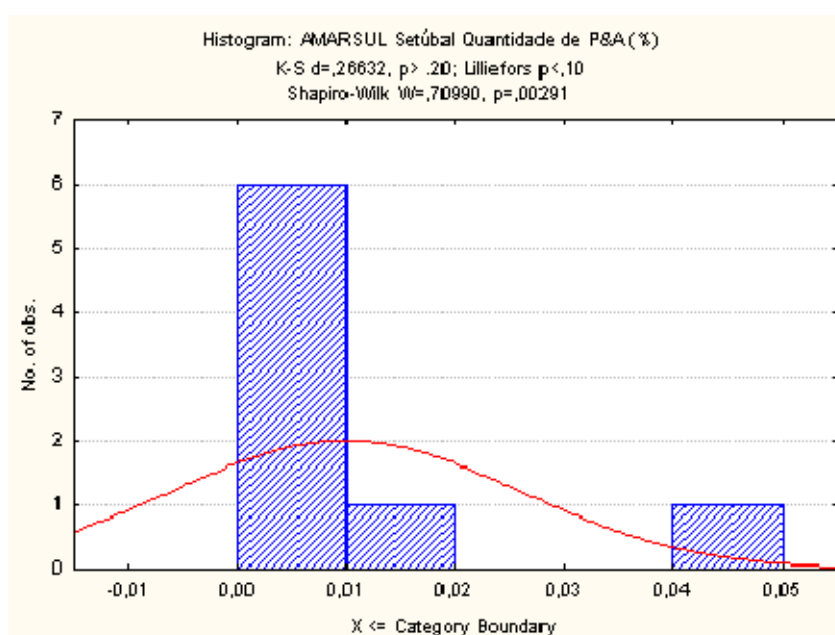
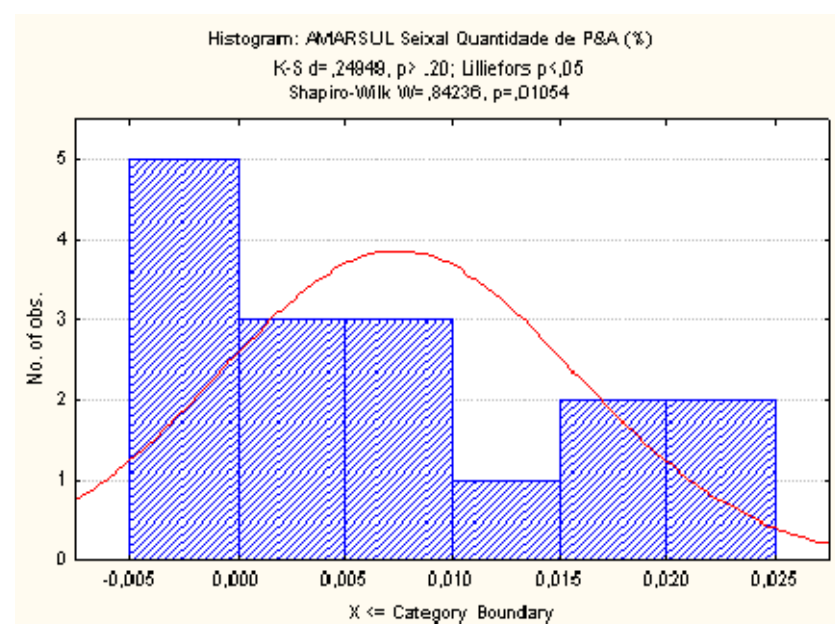
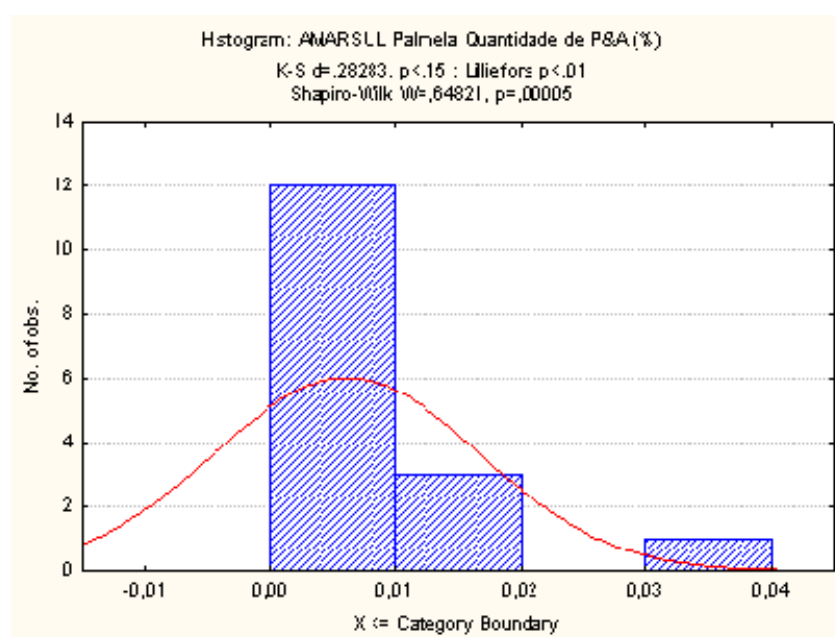
Tipo de pilha	Peso (g)	Ecovvalor €
<b>Zinco Carbono (salinas)</b>		
R20	89,0	0,0995910
R14	45,0	0,0503550
R6	15,0	0,0167850
R03	9,0	0,0100710
3R12	100,0	0,1119000
6F22	37,0	0,0414030
4R25	600,0	0,6714000
6R25	900,0	1,0071000
<b>Alcalinas</b>		
LR20	142,0	0,1588980
LR14	70,0	0,0783300
LR 6	23,0	0,0257370
LR03	12,0	0,0134280
LR1	9,0	0,0100710
3LR12	165,0	0,1846350
6LR61	47,0	0,0525930
<b>Lítio</b>		
CR123A	15,0	0,0210300
CRP2	37,0	0,0518740
2CR3	38,0	0,0532760
CR2	11,0	0,0154220
<b>Botão - Óxido de Prata</b>		
SR41	0,66	0,0016916
SR42	1,55	0,0039598
SR43	1,74	0,0044596
SR44	2,39	0,0091192
SR45	1,05	0,0026912
SR48	1,11	0,0028321
SR54	1,29	0,0033063
SR55	0,92	0,0023451
SR57	0,80	0,0020504
SR58	0,42	0,0010765
SR59	0,53	0,0013669
SR60	0,33	0,0008458
SR62	0,19	0,0004784
SR63	0,24	0,0006066
SR64	0,28	0,0007176
SR65	0,25	0,0006493
SR66	0,41	0,0010423
SR67	0,37	0,0009355
SR69	0,52	0,0013199
SR69	0,64	0,0016318
SR7315W	0,59	0,0014994
SR5125W	0,15	0,0003716
SR6145W	0,22	0,0005639
SR7145W	0,29	0,0007305

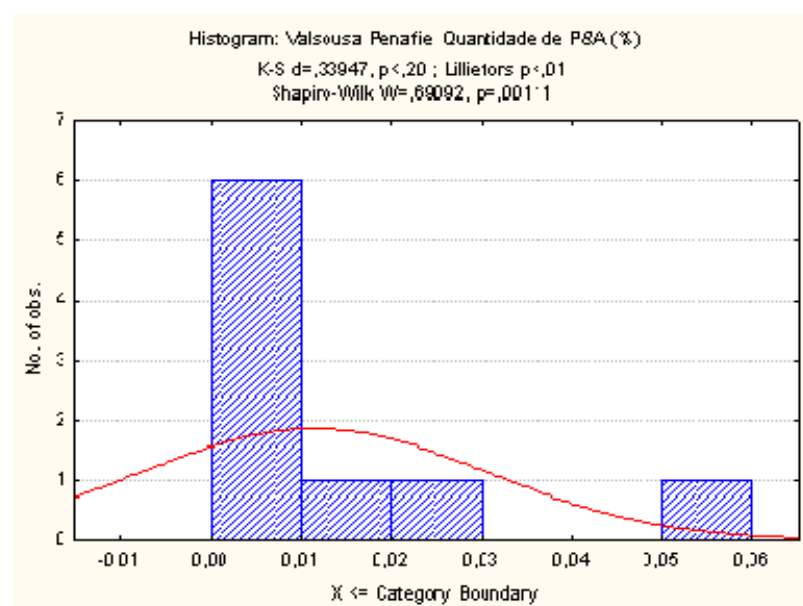
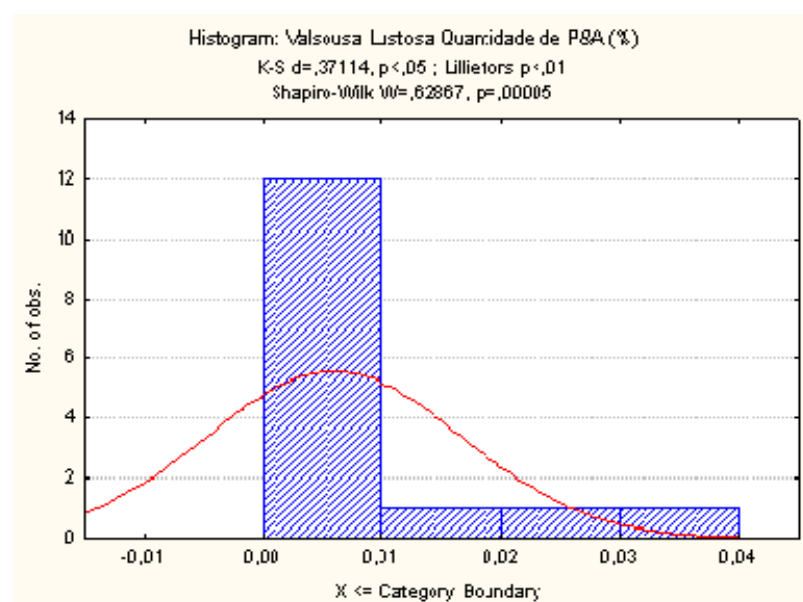
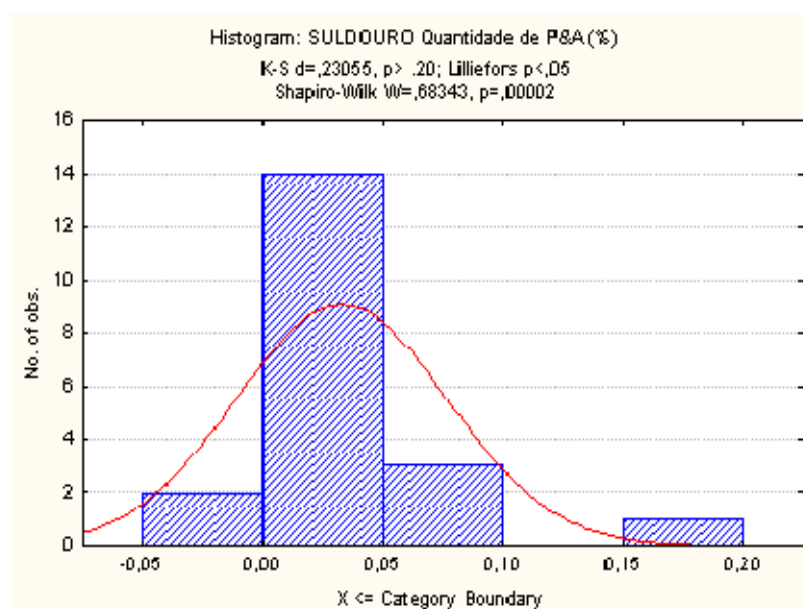
Tipo de pilha	Peso (g)	Ecovvalor €
SR9105W	0,32	0,0008202
V346	0,30	0,0007689
SR7135W	0,23	0,0005895
SR11116W	0,70	0,0017941
4SR44	11,9	0,0304997
SR6145W	0,22	0,0005639
SR7145W	0,29	0,0007305
SR9105W	0,32	0,0008202
V346	0,30	0,0007689
SR7135W	0,23	0,0005895
SR11116W	0,70	0,0017941
4SR44	11,9	0,0304997
<b>Botão Zinco -ar</b>		
FR 41	0,55	0,0013968
FR 44	1,84	0,0047095
FR 48	0,83	0,0021337
FR61	33,0	0,0845789
FR 63	0,28	0,0007048
FR 70	0,25	0,0006343
<b>Botão Lítio</b>		
CR 1025	0,7	0,0017941
CR 1216	0,7	0,0017941
CR 1220	0,8	0,0021017
CR 1225	0,9	0,0023067
CR 1616	1,2	0,0030756
CR 1620	1,3	0,0033319
CR 2012	1,3	0,0033319
CR 2016	1,8	0,0045621
CR 2025	2,5	0,0065100
CR 2320	2,8	0,0071764
CR 2032	3,1	0,0079966
CR 2325	3,5	0,0089705
CR1/3 N/CR11108	3,3	0,0083938
2CR1	3,0	0,0076890
CR 2430	4,2	0,0106365
CR 2450	6,3	0,0162110
<b>Botão Alcalinas</b>		
LR 41	0,50	0,0012815
LR 55	0,85	0,0021786
LR 48	0,80	0,0023067
LR 54	1,13	0,0028834
LR 43	1,53	0,0039086
LR 44	2,00	0,0051260
LR 9	3,08	0,0078812
LR52	6,00	0,0153780

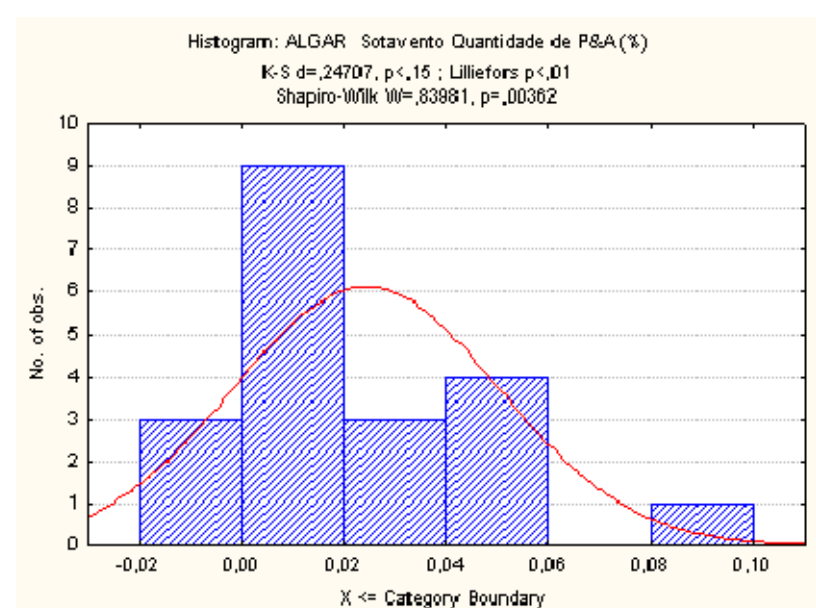
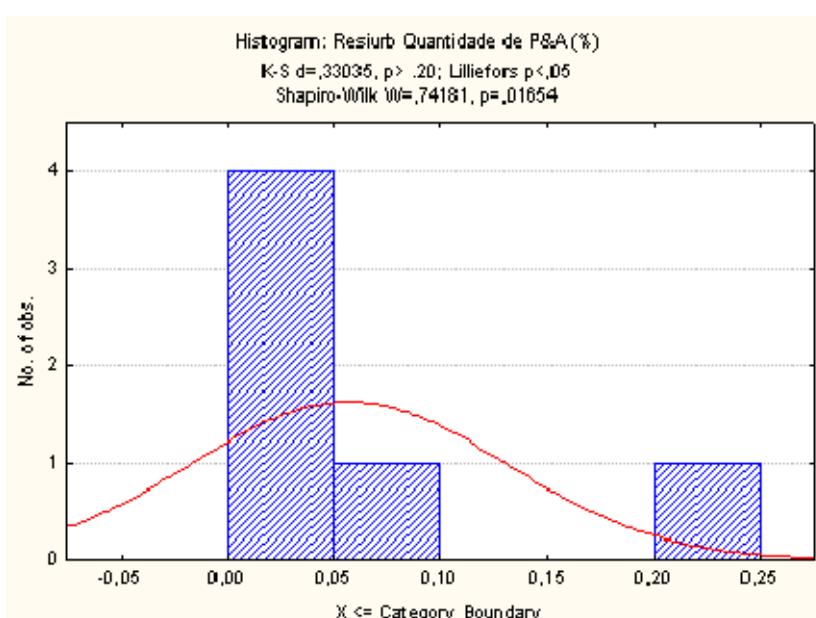
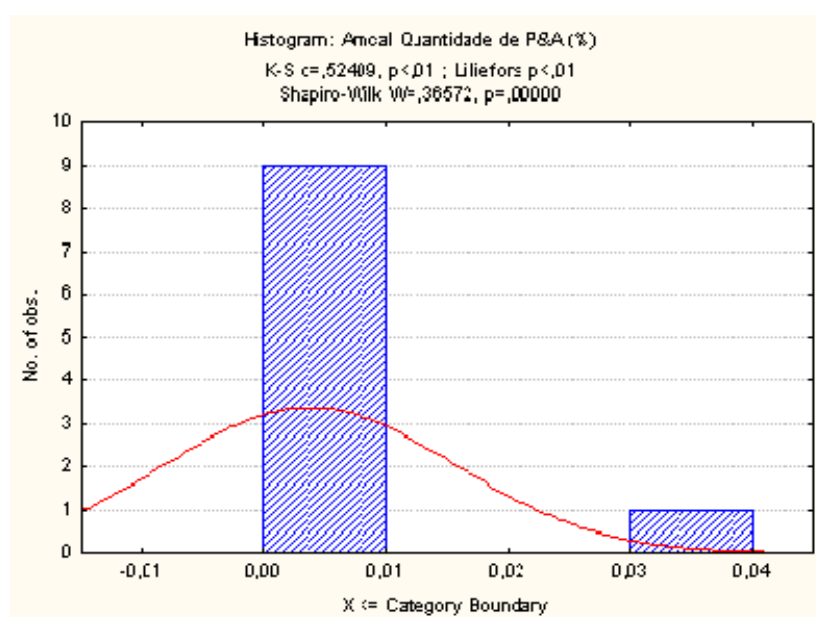
**VII.8. ANEXO H – Histogramas de averiguação da distribuição normal para das campanhas realizadas**



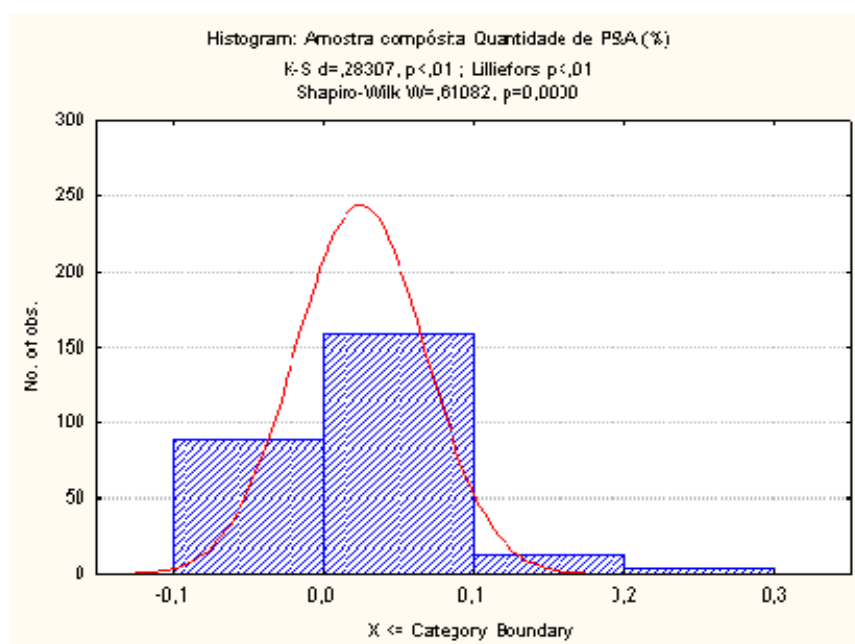
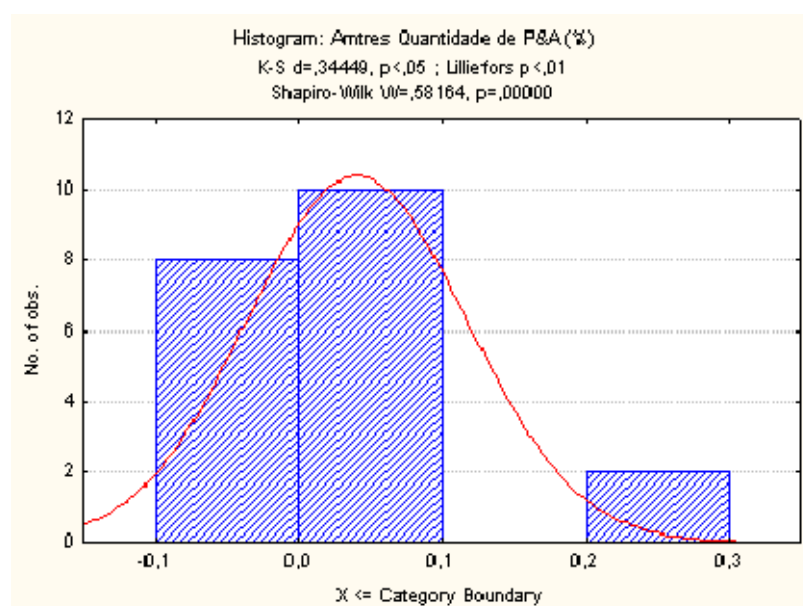
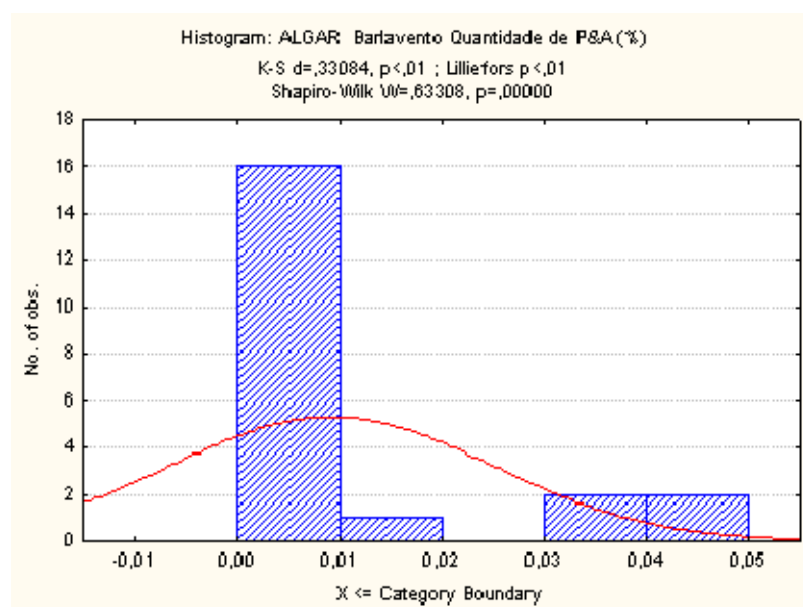


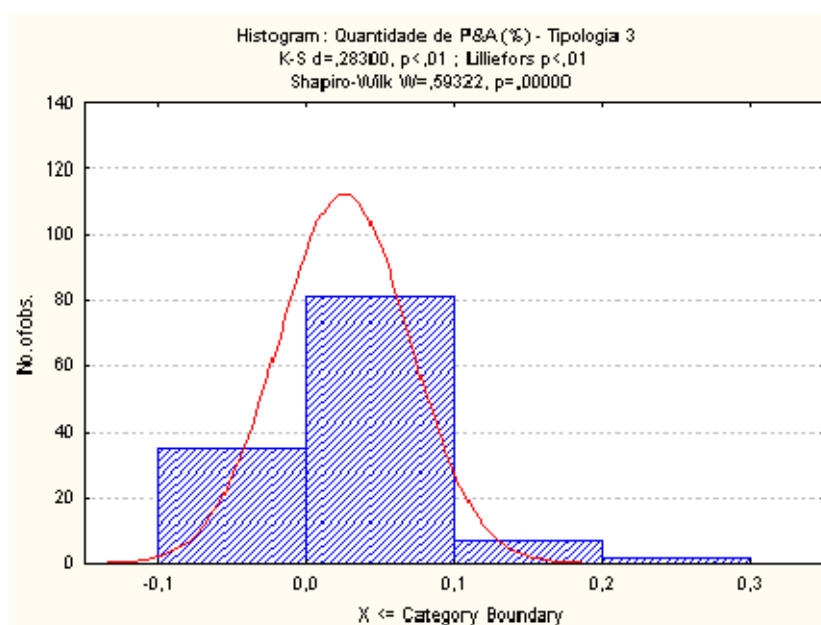
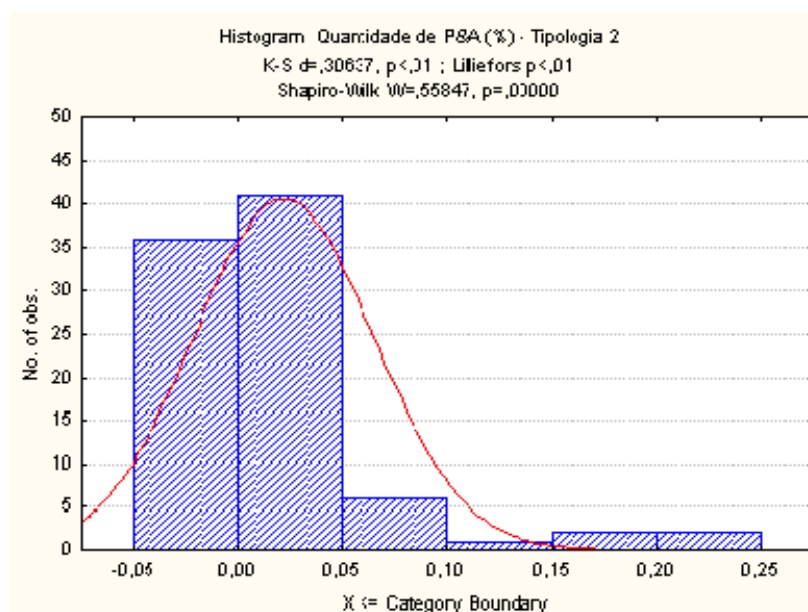
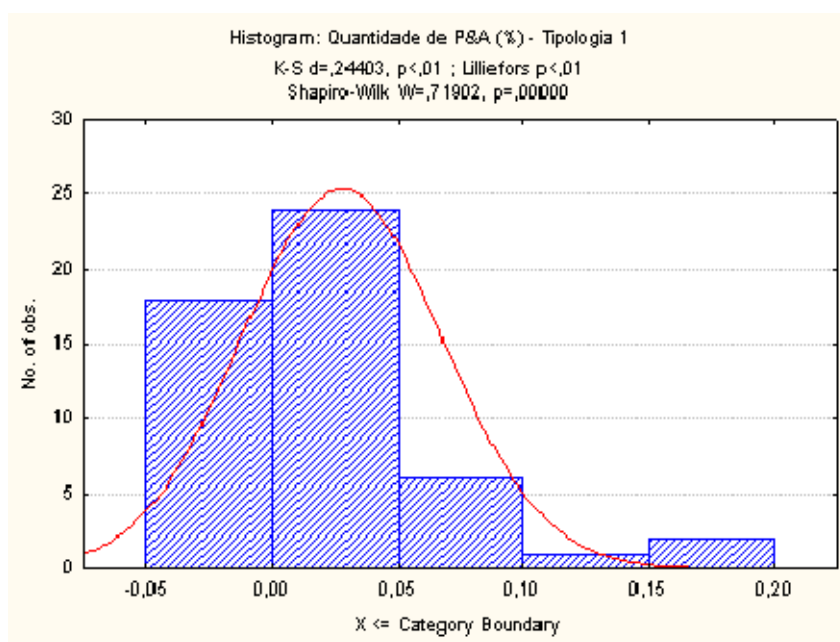












**VII.9. ANEXO I – Análise estatística para os indicadores calculados a partir dos resultados obtidos no total das campanhas (amostra compósita)**

Quadro VII.2. Análise estatística para a quantidade de P&A usados, em peso por sistemas químicos e formatos, por amostra de RSU indiferenciados realizadas

N: 264													
Coeficiente de confiança: 1,969	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. de variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
Indicador													
Quantidade de P&A por sistemas químicos, por amostra de RSU (g)	0,0	969,9	77,1	23,4	134,8	1,7	0,1	77,1	g	±	16,3	g	0,21
Primárias	0,0	925,7	72,1	23,2	127,1	1,8	0,1	72,1	g	±	15,4	g	0,21
Zinco carbono	0,0	654,4	33,4	0,0	83,5	2,5	0,1	33,4	g	±	10,1	g	0,30
Alcalinas de Manganês	0,0	585,4	38,4	0,0	74,8	1,9	0,0	38,4	g	±	9,1	g	0,24
Outras	0,0	5,6	0,3	0,0	0,8	3,0	0,0	0,3	g	±	0,1	g	0,37
Secundárias	0,0	292,7	4,6	0,0	29,3	6,3	0,0	4,6	g	±	3,6	g	0,77
Níquel/cádmio	0,0	292,7	3,4	0,0	26,5	7,8	0,0	3,4	g	±	3,2	g	0,94
Níquel/hidreto metálico	0,0	106,3	0,8	0,0	7,9	10,0	0,0	0,8	g	±	1,0	g	1,21
Iões de Lítio	0,0	28,3	0,4	0,0	3,2	7,3	0,0	0,4	g	±	0,4	g	0,89
Outras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	g	±	-	g	-
Não Identificadas	0,0	51,9	0,4	0,0	4,2	10,9	0,0	0,4	g	±	0,5	g	1,32
Quantidade de P&A usados por formatos, por amostra de RSU (g)	0,0	969,9	77,1	23,4	134,8	1,7	0,1	77,1	g	±	16,3	g	0,21
D/LR20/R20	0,0	660,4	28,6	0,0	90,6	3,2	0,1	28,6	g	±	11,0	g	0,38
C/LR14/R14	0,0	274,3	5,6	0,0	27,1	4,9	0,0	5,6	g	±	3,3	g	0,59
AA/LR6/R6	0,0	410,4	30,3	9,3	49,4	1,6	0,0	30,3	g	±	6,0	g	0,20
AAA/LR03/R03	0,0	91,3	5,2	0,0	13,7	2,6	0,0	5,2	g	±	1,7	g	0,32
4,5V/3LR12/3R12	0,0	128,9	0,9	0,0	10,7	11,5	0,0	0,9	g	±	1,3	g	1,39
9V/6LR61/6F22	0,0	47,5	1,9	0,0	9,0	4,6	0,0	1,9	g	±	1,1	g	0,56
Pilhas botão	0,0	5,6	0,3	0,0	0,8	3,0	0,0	0,3	g	±	0,1	g	0,37
Outros	0,0	292,7	4,4	0,0	28,7	6,6	0,0	4,4	g	±	3,5	g	0,80

Quadro VII.3. Análise estatística para a quantidade de P&A usados, em número por amostra de RSU realizadas, por sistemas químicos e formatos

N: 264													
Coeficiente de confiança: 1,969	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. de Variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
Indicador													
Quantidade de P&A por sistemas químicos, por amostra de RSU (N.º)	0	32	2,8	1	4,0	1,4	0,0	2,8	N.º	±	0,5	N.º	0,17
Primárias	0	31	2,6	1	3,9	1,5	0,0	2,6	N.º	±	0,5	N.º	0,18
Zinco carbono	0	18	1,1	0	2,2	2,0	0,0	1,1	N.º	±	0,3	N.º	0,24
Alcalinas de Manganês	0	14	1,3	0	2,1	1,6	0,0	1,3	N.º	±	0,3	N.º	0,20
Outras	0	3	0,2	0	0,6	2,7	0,0	0,2	N.º	±	0,1	N.º	0,32
Secundárias	0	6	0,1	0	0,6	5,0	0,0	0,1	N.º	±	0,1	N.º	0,61
Níquel/cádmio	0	6	0,1	0	0,5	6,2	0,0	0,1	N.º	±	0,1	N.º	0,75
Níquel/hidreto metálico	0	2	0,0	0	0,2	9,7	0,0	0,0	N.º	±	0,0	N.º	1,18
Iões de Lítio	0	1	0,0	0	0,1	8,1	0,0	0,0	N.º	±	0,0	N.º	0,98
Outras	0	0	0,0	0	0,0	-	0,0	0,0	N.º	±	-	N.º	-
Não Identificadas	0	1	0,0	0	0,1	9,3	0,0	0,0	N.º	±	0,0	N.º	1,13
Quantidade de P&A por formatos, por amostra de RSU (N.º)	0	32,0	2,8	1	4,0	1,4	0,0	2,8	N.º	±	0,5	N.º	0,17
D/LR20/R20	0	6	0,3	0	0,8	3,2	0,0	0,3	N.º	±	0,1	N.º	0,38
C/LR14/R14	0	4	0,1	0	0,5	4,4	0,0	0,1	N.º	±	0,1	N.º	0,54
AA/LR6/R6	0	23	1,5	1	2,5	1,7	0,0	1,5	N.º	±	0,3	N.º	0,20
AAA/LR03/R03	0	9	0,5	0	1,3	2,6	0,0	0,5	N.º	±	0,2	N.º	0,31
4,5V/3LR12/3R12	0	1	0,0	0	0,1	16,2	0,0	0,0	N.º	±	0,0	N.º	1,97
9V/6LR61/6F22	0	3	0,1	0	0,3	4,9	0,0	0,1	N.º	±	0,0	N.º	0,59
Pilhas botão	0	3	0,2	0	0,6	2,7	0,0	0,2	N.º	±	0,1	N.º	0,32
Outros	0	6	0,1	0	0,5	5,5	0,0	0,1	N.º	±	0,1	N.º	0,67

Quadro VII.4. Análise estatística aos indicadores de quantidade de RSU indiferenciados amostrada, quantidade de P&A usados e de REEE com P&A incorporados por amostra e respectivos indicadores calculados de quantidade por t de RSU indiferenciados

N: 264 Coeficiente de confiança: 1,969 Indicador	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. De variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
Quantidade RSU amostrada (kg)	46,0	690,0	342,4	364,9	167,3	0,5	0,1	342,4	kg	±	20,3	kg	0,06
Quantidade de P&A usados por amostra de RSU (g)	0,0	969,9	77,1	23,4	134,8	1,7	0,1	77,1	g	±	16,3	g	0,21
Quantidade de P&A usados por amostra de RSU (N.º)	0	32	2,8	1	4,0	1,4	0,0	2,8	N.º	±	0,5	N.º	0,17
Quantidade de REEE portáteis com P&A usados incorporados nos REEE, por amostra de RSU (N.º)	0	4	0,3	0	0,6	2,1	0,0	0,3	N.º	±	0,1	N.º	0,25
Quantidade de P&A usados nos RSU (%)	0,000	0,298	0,025	0,009	0,043	1,743	0,000	0,025	%	±	0,005	%	0,21
Quantidade de P&A usados nos RSU (g/t)	0,0	2982,4	247,5	87,3	431,3	1,7	0,3	247,5	g/t	±	52,3	g/t	0,21
Quantidade de P&A usados nos RSU (N.º/t)	0,0	88,2	9,1	5,4	12,8	1,4	0,0	9,1	N.º/t	±	1,6	N.º/t	0,17
Quantidade de REEE portáteis com P&A usados incorporados nos REEE por tonelada de RSU (N.º/t)	0,0	12,0	0,9	0,0	2,0	2,2	0,0	0,9	N.º/t	±	0,2	N.º/t	0,27

Quadro VII.5. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de P&A usados, em peso por tonelada de RSU indiferenciados, por sistemas químicos e formatos

N: 264 Coeficiente de confiança: 1,969	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. de Variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
Indicador													
Quantidade de P&A por sistemas químicos, por tonelada de RSU (g/t)	0,0	2982,4	247,5	87,3	431,3	1,7	0,3	247,5	g/t	±	52,3	g/t	0,21
Primárias	0,0	2357,2	224,1	83,3	376,3	1,7	0,2	224,1	g/t	±	45,6	g/t	0,20
Zinco carbono	0,0	1584,7	94,8	0,0	220,5	2,3	0,1	94,8	g/t	±	26,7	g/t	0,28
Alcalinas de Manganês	0,0	2054,0	128,5	0,0	275,7	2,1	0,2	128,5	g/t	±	33,4	g/t	0,26
Outras	0,0	24,3	0,8	0,0	2,9	3,7	0,0	0,8	g/t	±	0,3	g/t	0,45
Secundárias	0,0	2380,4	21,9	0,0	165,7	7,6	0,1	21,9	g/t	±	20,1	g/t	0,92
Níquel/cádmio	0,0	2380,4	17,9	0,0	162,7	9,1	0,1	17,9	g/t	±	19,7	g/t	1,10
Níquel/hidreto metálico	0,0	347,1	2,6	0,0	26,1	10,0	0,0	2,6	g/t	±	3,2	g/t	1,21
lões de Lítio	0,0	111,7	1,4	0,0	10,7	7,7	0,0	1,4	g/t	±	1,3	g/t	0,93
Outras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	g/t	±	-	g/t	-
Não Identificadas	0,0	278,9	1,5	0,0	18,3	12,3	0,0	1,5	g/t	±	2,2	g/t	1,49

Quantidade de P&A por formatos, por tonelada de RSU (g/t)	0,0	2982,4	247,5	87,3	431,3	1,7	0,3	247,5	g/t	±	52,3	g/t	0,21
D/LR20/R20	0,0	2317,2	78,7	0,0	266,3	3,4	0,2	78,7	g/t	±	32,3	g/t	0,41
C/LR14/R14	0,0	2025,8	23,8	0,0	155,1	6,5	0,1	23,8	g/t	±	18,8	g/t	0,79
AA/LR6/R6	0,0	886,2	96,9	28,7	156,1	1,6	0,1	96,9	g/t	±	18,9	g/t	0,20
AAA/LR03/R03	0,0	469,6	19,1	0,0	51,4	2,7	0,0	19,1	g/t	±	6,2	g/t	0,33
4,5V/3LR12/3R12	0,0	343,1	2,1	0,0	25,0	11,7	0,0	2,1	g/t	±	3,0	g/t	1,42
9V/6LR61/6F22	0,0	216,5	5,2	0,0	25,9	5,0	0,0	5,2	g/t	±	3,1	g/t	0,60
Pilhas botão	0,0	24,3	0,8	0,0	2,9	3,7	0,0	0,8	g/t	±	0,3	g/t	0,45
Outros	0,0	2380,4	20,9	0,0	165,2	7,9	0,1	20,9	g/t	±	20,0	g/t	0,96

Quadro VII.6. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de P&A usados, em número por sistemas químicos e formatos, por tonelada de RSU indiferenciados

N: 264													
Coeficiente de confiança: 1,969													
Indicador	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. de Variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
<b>Quantidade de P&amp;A por sistemas químicos, por tonelada de RSU (N.º/t)</b>	<b>0,0</b>	<b>88,2</b>	<b>9,1</b>	<b>5,4</b>	<b>12,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>9,1</b>	<b>N.º/t</b>	<b>±</b>	<b>1,6</b>	<b>N.º/t</b>	<b>0,17</b>
<b>Primárias</b>	<b>0,0</b>	<b>88,2</b>	<b>8,4</b>	<b>4,7</b>	<b>11,7</b>	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>8,4</b>	<b>N.º/t</b>	<b>±</b>	<b>1,4</b>	<b>N.º/t</b>	<b>0,17</b>
Zinco carbono	0,0	46,2	3,5	0,0	6,6	1,9	0,0	3,5	N.º/t	±	0,8	N.º/t	0,23
Alcalinas de Manganês	0,0	64,6	4,3	0,0	7,2	1,7	0,0	4,3	N.º/t	±	0,9	N.º/t	0,20
Outras	0,0	18,3	0,6	0,0	2,0	3,3	0,0	0,6	N.º/t	±	0,2	N.º/t	0,40
<b>Secundárias</b>	<b>0,0</b>	<b>51,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>4,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>N.º/t</b>	<b>±</b>	<b>0,5</b>	<b>N.º/t</b>	<b>0,82</b>
Níquel/cádmio	0,0	51,5	0,5	0,0	4,0	8,2	0,0	0,5	N.º/t	±	0,5	N.º/t	0,99
Níquel/hidreto metálico	0,0	6,5	0,1	0,0	0,6	9,5	0,0	0,1	N.º/t	±	0,1	N.º/t	1,16
Iões de Lítio	0,0	4,9	0,0	0,0	0,4	8,5	0,0	0,0	N.º/t	±	0,1	N.º/t	1,03
Outras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	N.º/t	±	-	N.º/t	-
<b>Não Identificadas</b>	<b>0,0</b>	<b>6,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>11,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>N.º/t</b>	<b>±</b>	<b>0,1</b>	<b>N.º/t</b>	<b>1,33</b>
<b>Quantidade de P&amp;A por formatos, por tonelada de RSU (N.º/t)</b>	<b>0,0</b>	<b>88,2</b>	<b>9,1</b>	<b>5,4</b>	<b>12,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>9,1</b>	<b>N.º/t</b>	<b>±</b>	<b>1,6</b>	<b>N.º/t</b>	<b>0,17</b>
D/LR20/R20	0,0	17,5	0,7	0,0	2,3	3,3	0,0	0,7	N.º/t	±	0,3	N.º/t	0,40
C/LR14/R14	0,0	28,7	0,4	0,0	2,3	5,7	0,0	0,4	N.º/t	±	0,3	N.º/t	0,69
AA/LR6/R6	0,0	46,2	4,8	1,7	7,7	1,6	0,0	4,8	N.º/t	±	0,9	N.º/t	0,19
AAA/LR03/R03	0,0	47,0	1,8	0,0	4,8	2,7	0,0	1,8	N.º/t	±	0,6	N.º/t	0,32
4,5V/3LR12/3R12	0,0	1,9	0,0	0,0	0,1	16,2	0,0	0,0	N.º/t	±	0,0	N.º/t	1,97
9V/6LR61/6F22	0,0	8,0	0,2	0,0	0,8	5,2	0,0	0,2	N.º/t	±	0,1	N.º/t	0,63
Pilhas botão	0,0	18,3	0,6	0,0	2,0	3,3	0,0	0,6	N.º/t	±	0,2	N.º/t	0,40
Outros	0,0	51,5	0,5	0,0	4,1	7,5	0,0	0,5	N.º/t	±	0,5	N.º/t	0,91

Quadro VII.7. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de P&A usados soltos e incorporados em REEE, em peso e em número por t de RSU indiferenciados

N: 264													
Coeficiente de confiança: 1,969													
Indicador	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. de variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
<b>Quantidade de P&amp;A soltos vs incorporadas em REEE, por tonelada de RSU (g/t)</b>	<b>0,0</b>	<b>2982,4</b>	<b>247,5</b>	<b>87,3</b>	<b>431,3</b>	<b>1,7</b>	<b>0,3</b>	<b>247,5</b>	<b>g/t</b>	<b>±</b>	<b>52,3</b>	<b>g/t</b>	<b>0,21</b>
Soltos	0,0	2025,8	214,4	74,3	364,5	1,7	0,2	214,4	g/t	±	44,2	g/t	0,21
REEE	0,0	2380,4	33,1	0,0	213,9	6,5	0,1	33,1	g/t	±	25,9	g/t	0,78
<b>Quantidade de P&amp;A soltos vs incorporadas em REEE, por tonelada de RSU (N.º/t)</b>	<b>0,0</b>	<b>88,2</b>	<b>9,1</b>	<b>5,4</b>	<b>12,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>9,1</b>	<b>N.º/t</b>	<b>±</b>	<b>1,6</b>	<b>N.º/t</b>	<b>0,17</b>
Soltos	0,0	88,2	7,5	2,9	11,3	1,5	0,0	7,5	N.º/t	±	1,4	N.º/t	0,18
REEE	0,0	51,5	1,5	0,0	4,8	3,2	0,0	1,5	N.º/t	±	0,6	N.º/t	0,38

Quadro VII.8. Análise estatística para os indicadores relativos à quantidade de REEE com P&A incorporados, em número por t de RSU indiferenciados

N: 264 Coeficiente de confiança: 1,969 Indicador	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. de variação da amostra	Coef. de variação da média	Intervalo de confiança				Erro	
Quantidade de REEE com P&A incorporados por categoria de EEE, por tonelada de RSU (N.º/t)	0,0	12,0	0,9	0,0	2,0	2,2	0,0	0,9	N.º/t	±	0,2	N.º/t	0,27
Categoria 1 - Grandes Electrodomésticos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	N.º/t	±	-	N.º/t	-
Categoria 2 - Pequenos electrodomésticos	0,0	8,6	0,2	0,0	0,9	4,0	0,0	0,2	N.º/t	±	0,104	N.º/t	0,486
Categoria 3 - Equipamentos Informáticos e de Telecomunicações	0,0	12,0	0,3	0,0	1,3	4,1	0,0	0,3	N.º/t	±	0,162	N.º/t	0,498
Categoria 4 - Equipamentos de Consumo	0,0	6,1	0,1	0,0	0,5	8,4	0,0	0,1	N.º/t	±	0,055	N.º/t	1,013
Categoria 5 - Equipamentos de Iluminação	0,0	10,5	0,1	0,0	0,7	9,4	0,0	0,1	N.º/t	±	0,086	N.º/t	1,141
Categoria 6 - Ferramentas Eléctricas e Electrónicas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	N.º/t	±	-	N.º/t	-
Categoria 7 - Brinquedos e Equipamentos de Desporto e Lazer	0,0	8,7	0,2	0,0	1,0	4,7	0,0	0,2	N.º/t	±	0,118	N.º/t	0,566
Categoria 8 - Aparelhos Médicos	0,0	1,7	0,0	0,0	0,1	16,2	0,0	0,0	N.º/t	±	0,013	N.º/t	1,969
Categoria 9 - Instrumentos de Monitorização e Controlo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	N.º/t	±	-	N.º/t	-
Categoria 10 - Distribuidores Automáticos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	N.º/t	±	-	N.º/t	-
Não Identificado	0,0	5,8	0,0	0,0	0,4	16,2	0,0	0,0	N.º/t	±	0,043	N.º/t	1,969





**VII.10. ANEXO J – Composição química média das P&A  
usados obtidos no total das campanhas (amostra compósita)**

Quadro VII.9. Composição química estimada das P&A usados (amostra compósita) em peso e por sistemas químicos, por tonelada de RSU indiferenciado

Componentes		Água		Zinco		Mercúrio		Cádmio		Níquel		Lítio		Ferro	
Sistemas Químicos	Quantidade média nos RSU (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)	Quantidade média por sistema químico (%)	Quantidade média (g/t)
Primárias	223,3		22,3		39,4		0,0010		0,0		0,0		0,00		40,19
Zinco carbono	94,8	10,0	9,5	22,5	19,2	0,0005	0,0004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	20,0	17,06
Alcalinas de Manganês	128,5	10,0	12,9	17,5	20,2	0,0005	0,0006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	20,0	23,13
Secundárias	21,9		1,8		0,0		0,0000		2,7		4,5		0,04		8,56
Níquel/cádmio	17,9	10,0	1,8	0,0	0,0	0,0000	0,0000	17,0	2,7	20	3,2	0,0	0,00	45,0	7,25
Níquel/hidreto metálico	2,6	(-)	(-)	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0	50	1,3	0,0	0,00	23,5	0,61
Íões de Lítio	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,04	50	0,70
Total	245,2		24,1		39,4		0,0010		2,7		4,5		0,04		48,75

